



Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Mauro Conde Paccelli
Nicolás Martín Fanelli

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Mauro Conde Paccelli
Nicolás Martín Fanelli

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata

Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

Trabajo Final:
**“Proyecto de inversión para la producción
de biodigestores de uso urbano-rural”**

Mauro Conde Paccelli

Nicolás Martín Fanelli

EVALUADORES:

Ing. María Victoria D’Onofrio
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Dr. Ing. Adolfo E. Onaine
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

DIRECTOR:

Ing. Guillermo Carrizo
Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, queremos agradecer a nuestro director de trabajo final, Guillermo Carrizo, por el apoyo, la disponibilidad y el esfuerzo brindado en cada una de nuestras inquietudes a lo largo de la realización del trabajo. También, a los profesores Liliana Gadaleta y Leonardo Bandera por su aporte y predisposición en las consultas efectuadas, al Ingeniero Marcelo Cerviño, director de la Escuela Agraria que formó parte de este proyecto y a Lucas Zubiaurre, Jefe del Departamento de Producción Sustentable Pampeana del INTI, por la información y las herramientas brindadas para que la realización de este trabajo sea posible.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar de Plata, y a todos los profesores que tuvimos el agrado de conocer durante estos años, por brindarnos las herramientas y los conocimientos para nuestro desarrollo profesional.

No podemos dejar de mencionar y recordar a nuestro amigo y compañero Mati, por todos estos años compartidos.

Personalmente, a mi familia y amigos, quienes me acompañaron a lo largo de toda la carrera y me apoyaron para nunca aflojar ante las adversidades. Sobre todo a mis padres, Mariana y Gustavo y mis hermanos, Maximiliano y Anabella, quienes nunca dejaron de confiar en mí.

Mauro Conde Paccelli

A mis padres, Claudia y Miguel, que a pesar de la distancia siempre me brindaron su apoyo a lo largo de estos años, y a mi hermana Lucia por no dejarme bajar los brazos. A mi novia y al resto de mi familia por su preocupación e interés en mí, y a mis amigos, a los que me acompañaron desde siempre y también aquellos que me dio la facultad e hicieron de todos estos años un camino más entretenido.

Nicolás Martín Fanelli

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	vii
TABLA DE SIGLAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
PALABRAS CLAVE.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Oportunidad.....	2
1.2. Objetivos y Estructura del Proyecto.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Producción y utilización de Biogás.....	4
2.1.1. Biogás.....	4
2.1.2. Contexto nacional.....	6
2.2. Biodigestores.....	8
2.2.1. Clasificación según complejidad y utilización.....	8
2.2.1.1. Biodigestores Continuos.....	8
2.2.1.2. Biodigestores Semicontinuos.....	9
2.2.1.3. Biodigestores Discontinuos (tipo Batch).....	9
2.2.2. Tipo de Biodigestores.....	10
2.2.2.1. Biodigestor de Laguna Cubierta.....	10
2.2.2.2. Biodigestor de domo flotante o Hindú.....	11
2.2.2.3. Biodigestor de domo fijo o Chino.....	12
2.2.2.4. Biodigestor de estructura flexible.....	13
2.2.2.5. Biodigestor Mixto.....	13
2.3. Descripción de los Productos.....	14
2.3.1. Producto principal y subproductos.....	14
2.3.2. Producto sustituto o similar.....	15
2.4. Matriz FODA.....	15
2.4.1. Matriz de Evaluación de los Factores Internos.....	16
2.4.2. Matriz de Evaluación de los Factores Externos.....	16
2.5. Estudio de factibilidad.....	16
2.5.1. Flujo de Caja.....	17
2.5.2. Tiempo de Repago.....	18
2.6. Marco legal y legislación ambiental.....	18
2.6.1. Normas Nacionales.....	18
2.6.2. Normas ambientales de la Provincia de Buenos Aires.....	18

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

2.7. Impacto ambiental	19
2.7.1. Metodologías de evaluación	20
2.7.1.1. Matriz de Leopold	20
2.7.2. Evaluación convencional de Impacto Ambiental	22
2.7.2.1. Valoración Cualitativa	23
2.8. Mantenimiento	24
2.8.1. Políticas de Mantenimiento	24
2.8.2. Tipos y Características	25
2.8.2.1. Mantenimiento correctivo	25
2.8.2.2. Mantenimiento Preventivo Sistemático	25
2.8.2.3. Mantenimiento Condicional o Predictivo	26
2.8.2.4. Mantenimiento Preventivo Detectivo	27
2.8.2.5. Mantenimiento Proactivo o De Mejora	27
2.8.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas	28
2.9. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente	29
2.9.1. Legislación	29
2.9.1.1. Aparatos que puedan desarrollar presión interna	29
2.9.1.2. Protección Personal del trabajador	29
2.9.1.3. Selección y Capacitación del Personal	30
2.9.2. Elementos de protección Personal	31
3. DESARROLLO	32
3.1. Descripción de la actividad del establecimiento	32
3.1.1. Cuantificación y descripción de los desechos generados	33
3.1.2. Manejo actual de los residuos	34
3.2. Análisis FODA del proyecto	34
3.3. Cantidad de Biogás generado y volumen del Digestor y Gasómetro	38
3.4. Elección y descripción del tipo de biodigestor	40
3.4.1. Partes del Biodigestor	40
3.5. Demanda	42
3.6. Análisis de la viabilidad económica y financiera del proyecto	44
3.6.1. Costos Directos e Indirectos	44
3.7. Estudio de la factibilidad del Proyecto	48
3.8. Manual de uso y mantenimiento para el biodigestor	49
3.8.1. Uso del biodigestor	49
3.8.1.1. Recomendaciones a la hora de operar el Biodigestor	54
3.8.2. Mantenimiento	56
3.8.2.1. Tipos de mantenimiento	56

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

3.8.2.2. Historial del Equipo.....	58
3.8.2.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas	58
3.8.3. Seguridad y Salud	64
3.8.3.1. Elementos de Protección Personal.....	64
3.8.3.2. Capacitación.....	65
3.9. Estudio de impacto ambiental.....	66
3.9.1. Identificación y descripción de los factores e impactos ambientales	66
4. CONCLUSIONES.....	74
5. BIBLIOGRAFÍA.....	76
6. ANEXO.....	80
I. Marco Legal	80
II. Tabla de factores de Leopold.....	84
III. Obtención de biogás y dimensionamiento.....	87
IV. Planilla de carga diaria del biodigestor	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje cubierto por Energías Renovables	7
Figura 2: Potencia instalada en diferentes regiones del País	7
Figura 3: Generación de Energía Actual vs. Instalada.....	8
Figura 4: Biodigestor tipo Laguna Cubierta	11
Figura 5: Biodigestor tipo Hindú	12
Figura 6: Biodigestor tipo Chino	13
Figura 7: Estructura general de la matriz de Leopold	21
Figura 8: Estructura general de una Evaluación de Impacto Ambiental.....	22
Figura 9: Imagen ilustrativa del biodigestor	42
Figura 10: Tipos de tubos de GLP	43
Figura 11: Tiempo de repago	49
Figura 12: Elementos de Protección Personal.....	64
Figura III.1: Degradación a biogás en función de la temperatura.....	90
Figura III.2: Dimensionamiento del biodigestor.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Política de Mantenimiento.....	24
Tabla 2: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo	25
Tabla 3: Ventajas y Desventajas del Mantenimiento de mejora.....	28
Tabla 4: Tipos de EPP	31
Tabla 5: Funciones de EPP.....	31
Tabla 6: Cantidad de animales por tipo de la Escuela visitada	33
Tabla 7: Cantidad de estiércol generado por día en la Escuela visitada	33
Tabla 8: Matriz de Evaluación de Factores Internos.....	36
Tabla 9: Matriz de Evaluación de Factores Externos.....	37
Tabla 10: Producción y medidas básicas del Biodigestor	39
Tabla 11: Propiedades químicas del GLP	43
Tabla 12: Costos biodigestor.....	45
Tabla 13: Inversión y ahorro anual en US\$	49
Tabla 14: Sustrato diario	52
Tabla 15: Aclimatación.....	52
Tabla 16: Cronograma de Carga.....	54
Tabla 17: Planilla de carga de Mantenimiento.....	58
Tabla 18: Análisis de Modo y Efecto de Fallas	60
Tabla 19: Matriz aspecto impacto.....	67
Tabla 20: Valoración de Impactos	70
Tabla 21: Referencia para la Valoración	71
Tabla 22: Descripción de Impactos significativos	72
Tabla II.1: Factores de Leopold.....	84
Tabla II.2: Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental.....	85
Tabla III.1: Sólidos en función de cada sustrato	88
Tabla III.2: Biogás en función de cada sustrato	88
Tabla III.3: Total de sustratos en el establecimiento, en kg	89
Tabla III.4: Total de biogás en el establecimiento, en m ³	89
Tabla III.5: Total de energía en el establecimiento, en kWh y en MJ	89
Tabla III.6: Extracto base de datos total	89
Tabla III.7: Degradación a biogás en función de la temperatura.....	90
Tabla IV.1: Planilla de carga	92

TABLA DE SIGLAS

AMEF: Análisis de Modo y Efecto de Fallas

BAS: Buenos Aires

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Sociedad Anónima

CH₄: Metano

CNA: Congreso de la Nación Argentina

CO₂: Dióxido de Carbono

EE.RR: Energías Renovables

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

EPP: Elementos de Protección Personal

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

GBA: Gran Buenos Aires

GLP: Gas Licuado de Petróleo

GTZ: Cooperación Técnica Alemana (*Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*)

H₂: Hidrógeno

H₂O: Agua

H₂S: Sulfuro de Hidrógeno

HDPE: Polietileno de Alta Densidad (*High Density Polyethylene*)

IDE: Instituto de Energía

INET: Instituto Nacional de Educación Tecnológica

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

MEFE: Matriz de Evaluación de Factores Externos

MEFI: Matriz de Evaluación de Factores Internos

MJ: Mega Joule

N₂: Nitrógeno gaseoso

NOA: Noroeste argentino

O₂: Oxígeno

ppm: Partes por millón

PTI: Potencia Total Instalada

PVC: Policloruro de Vinilo

SDI: Secretaría de Desarrollo Institucional

TRH: Tiempo de Retención hidráulico

UNCUYO: Universidad Nacional de Cuyo

VAN: Valor Actual Neto

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en base a datos aportados por una Escuela de Educación Técnica Agraria típica de la Provincia de Buenos Aires. Relevar información en la institución permitió detectar residuos, los cuales no son tratados, generando olores y contaminación. Se analizó la tecnología disponible y, a través del estudio de los factores tanto internos como externos, se seleccionó el equipo que más se adecuaba al caso. Se decidió la instalación de un biodigestor semicontinuo del tipo Hindú con doble campana invertida, con digestor y gasómetro separados, de 10m³ y 18m³ respectivamente de capacidad para el tratamiento de los residuos y generación de biogás de modo de reemplazar el 7,69% del Gas Licuado de Petróleo (GLP) utilizado por la institución para el comedor. La inversión necesaria para la instalación del biodigestor es de 2.037,09 US\$. Analizando la factibilidad del proyecto se determinó que se genera un ahorro en el consumo de GLP, que la relación Beneficio/Costo resulta mayor a la unidad, que, complementariamente, el tiempo en que la institución recuperará la inversión realizada es aproximadamente de 4 años; todo esto permite concluir que el proyecto es económicamente factible. Por otra parte, se desarrolló un plan de mantenimiento, como así también la identificación de las normas de seguridad a tener en cuenta para la operación de este tipo de tecnología. Por último, se realizó un análisis de impacto ambiental, que permite concluir que la instalación del biodigestor mejora las condiciones ambientales de la institución.

PALABRAS CLAVE

Escuela agraria, residuos orgánicos, biodigestor, biogás, factibilidad, mantenimiento

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Buenos Aires existen alrededor de 100 escuelas agropecuarias oficiales. Este número se conforma por instituciones estatales con una cantidad cercana a los 62 establecimientos y, por otro lado, las instituciones privadas y los Centros para la Producción Total, que son aquellos que disponen de un tipo de régimen de alternancia entre el campo propio y una residencia estudiantil. Por último, se encuentran los Centros de Educación No Formal que son aquellos que ofrecen cursos cortos de capacitación. (Registro Federal de Instituciones de Educación Técnico Profesional, 2018)

Según la Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional, la educación agraria promueve el agregado de valor a la materia prima, la sustentabilidad económica y ambiental de las producciones, la cultura del trabajo, la producción de alimentos sanos y seguros, el empleo autogestionado, el emprendedorismo, el asociativismo y el cooperativismo como modelos de gestión del desarrollo rural y del arraigo; y el conocimiento, uso y aplicación correcta de las tecnologías apropiadas.

Por otra parte, diversos programas del Ministerio de Educación de la Nación han implementado distintas estrategias de intervención en la problemática de la educación rural, con la finalidad de propiciar su cobertura para la inclusión de jóvenes y adolescentes.

En cuanto a las tareas que los alumnos de las escuelas agrarias realizan en la institución, se destacan actividades tales como la realización de las operaciones y labores de las distintas fases de los procesos de producción vegetal y animal, así como también operaciones de industrialización en pequeña escala de productos alimenticios para su propio consumo (Secretaría de Evaluación Educativa, 2017). En cuanto a las tareas en relación al aspecto vegetal, las mismas son llevadas a cabo en huertas y jardines. Por otro lado, en cuanto al aspecto animal, las actividades son realizadas principalmente con cerdos, pollos y conejos.

En diferentes etapas del ciclo lectivo, un importante número de jóvenes y adolescentes se ausenta durante períodos prolongados. La adversidad del clima, la incorporación a trabajos temporales junto a sus familias o la demanda de cuidado de los hermanos menores ante la ausencia de sus padres son los principales motivos (Ministerio de Educación de la Nación, 2004). Debido a esto, se considera de importancia que la población de estas instituciones encuentre en el colegio, además de un lugar donde deben desarrollar habilidades personales, un lugar donde puedan alimentarse correctamente. Es por esto, que se considera de gran trascendencia la existencia de comedores que garanticen un piso mínimo de nutrientes, respetando la idiosincrasia y costumbres de cada lugar.

Es de considerar, que como estos establecimientos generalmente se encuentran en zonas rurales, no todos cuentan con servicios de energía eléctrica, agua de red y gas natural (Secretaría de Evaluación Educativa, 2017). De aquí surge una nueva problemática, que es la falta de recursos para llevar a cabo las tareas anteriormente mencionadas. Estas dificultades, principalmente la falta de gas natural, en parte puede ser solucionada o mejorada con el adecuado tratamiento de residuos, primordialmente aquellos de origen orgánico, generados en las actividades realizadas por los alumnos, mencionadas anteriormente.

1.1. Oportunidad

El tratamiento de desechos trae consigo diversas ventajas, como por ejemplo, la disminución de la contaminación. Además, el tratamiento de residuos permite una disminución de la necesidad de consumir recursos naturales, esto es debido a que los residuos tratados se convierten en nuevos productos, sin la necesidad de haber utilizado nuevos recursos naturales para su fabricación (Chamorro, 2003).

Los sistemas de tratamiento de residuos incluyen la operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo.

Estas acciones tienen como fin reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contienen los residuos, recuperar materias o sustancias valorizables y facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el residuo para su posterior tratamiento final.

Enfocándose y haciendo referencia a las Escuelas Agrarias de la Provincia de Buenos Aires, éstas cuentan con residuos provenientes de los animales que crían en las instituciones, como también los provenientes del sector agrícola.

Teniendo en cuenta que en los establecimientos se instruye a alumnos con el objetivo de que sean profesionales, es de vital importancia que desde la institución se priorice el tratamiento de desechos, y se haga un hábito esta actividad en el día a día de los futuros agricultores. Estos pueden tener un papel importante en este proceso ya que pueden convertirse en gestores de bioresiduos multi-origen y como aplicadores del compost en la agricultura.

Se busca llevar a cabo el tratamiento de los residuos por medio de un biodigestor, el cual nos permitirá obtener biogás. La generación y uso de biogás como fuente de energía renovable es el principal beneficio con la implementación de la digestión anaerobia, ya que es una alternativa que no solamente resuelve una problemática ambiental, sino que también es un posible ahorro económico al volverse autosustentable en la generación de energía

eléctrica y/o calorífica (Raffo & Zava, 2014). Por lo anteriormente mencionado, el desarrollo de biodigestores representa una opción de importantes ventajas a pequeña, mediana y gran escala, con mecanismos adecuados para el tratamiento y disposición final de los residuos orgánicos, representando la oportunidad de incorporarlos en forma de energía al proceso. Además, con la generación de biogás convertido en forma de calor y/o energía es posible sustentar parte de los consumos energéticos de las actividades que se realizan en las escuelas agrarias.

Con una perspectiva del tipo ambiental, complementariamente, se logra dar una adecuada disposición final a los residuos generados durante el proceso, ya que los residuos resultantes de la fermentación anaeróbica fuera del biogás, son empleados como biofertilizantes, lo que representa disminución de gastos en disposición.

1.2. Objetivos y Estructura del Proyecto

Teniendo en cuenta la problemática y oportunidad presentada, el objetivo general del proyecto es estudiar la factibilidad de la instalación de un biodigestor y evaluar el impacto económico-ambiental de la utilización del biodigestor como medio para el tratamiento de desechos y la obtención de biogás en una escuela agraria de la Provincia de Buenos Aires.

La elaboración del Proyecto de Inversión involucra una serie de lineamientos interrelacionados y distribuidos de manera tal que siga un orden específico. La estructura del proyecto será de la siguiente manera:

- Relevamiento de información de materia prima disponible, en el cual se analiza fuente secundaria de datos y entrevistas.
- Definición del tipo de biodigestor aplicable al proyecto según volumen. En base al volumen de desechos reciclados, se analizará el tamaño y tipo de biodigestor adecuado.
- Análisis de la Factibilidad Económica. El análisis económico se realizará mediante la relación beneficio/costo, analizando el beneficio como el Ahorro y al costo como la Inversión.
- Desarrollo de un manual de uso y Mantenimiento del Biodigestor. El mismo se realizará teniendo en cuenta las medidas de seguridad y su baja complejidad.
- Análisis del impacto económico y ambiental. Se cuantificarán los desechos valorizados en la generación de energía y la disminución de residuos con destino a disposición final.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Producción y utilización del biogás.

Actualmente, los cambios globales en el mundo requieren una mayor eficiencia en el uso de las biotecnologías. En este sentido, la digestión anaerobia de residuos orgánicos agroindustriales es un tratamiento alternativo con ventajas significativas sobre otros procesos, incluidas los bajos costos operativos y la generación de energía a partir de biogás. Además, este tipo de digestión ha demostrado ser más favorable que el tratamiento aeróbico de los desechos desde el punto de vista de la generación de gases de efecto invernadero e incluso puede competir con otros biocombustibles.

En este escenario, la digestión anaeróbica juega un papel clave porque los productos generados (por ejemplo, hidrógeno, metano) a partir de los diferentes pasos metabólicos se pueden usar como fuentes de energía. Por estas razones, este tipo de tecnología constituye el núcleo de los sistemas de tratamiento de residuos orgánicos.

La producción de biogás, a través de este tipo de digestión, es un proceso complejo que requiere de la acción coordinada de un grupo de microorganismos especializados en la degradación de una amplia variedad de sustratos orgánicos (restos de alimentos, desperdicios orgánicos de industrias, subproductos orgánicos de bajo valor comercial, cultivos energéticos, residuos cloacales, estiércol de animales, entre otros). La descomposición de estos residuos en el ambiente natural o en reactores especializados, bajo condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno), genera las condiciones imprescindibles para el proceso. El biogás producido se encuentra compuesto principalmente por dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) y en menor medida otros gases, entre los que se destaca el sulfuro de hidrógeno (H_2S), un gas altamente tóxico, responsable del olor fuerte y desagradable que se percibe en los ambientes naturales donde se genera biogás por la degradación anaeróbica de la materia orgánica.

Para controlar y hacer más eficiente la digestión anaeróbica de la materia orgánica y producir biogás se utilizan biodigestores. Estos son reactores especialmente diseñados para maximizar la eficiencia de conversión de los sustratos en energía (biogás) y obtener subproductos con valor agregado, como biofertilizantes. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019)

2.1.1. Biogás

Si bien, la composición del biogás depende del sustrato que se utilice para alimentar el biodigestor, de la tecnología utilizada y de la temperatura de proceso, los componentes principales son:

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- Metano (CH_4): es un gas combustible que se encuentra con una concentración de entre 45% (a partir de la cual se considera que el biogás es inflamable) y 70% molar.
- Dióxido de carbono (CO_2): es el segundo gas más importante por su proporción. Su concentración varía en un rango de 25% a 45% molar.
- Sulfuro de hidrógeno (H_2S): es generado por microorganismos anaeróbicos reductores de sulfato ante la presencia de éste, en cantidades que varían en función de la composición del sustrato utilizado para alimentar el biodigestor. Aún en muy bajas concentraciones, el H_2S es tóxico para humanos y animales, y altamente corrosivo: si no es eliminado del biogás, provoca una drástica disminución de la vida útil de los equipos donde se emplea. En una muestra cruda de biogás, el valor de H_2S puede variar en un rango entre 5 000 y 50 000 partes por millón (ppm).
- Hidrógeno (H_2): normalmente, la concentración de este componente es inferior a las 5 000 ppm.
- Nitrógeno gaseoso (N_2): su presencia puede llegar a un máximo de 25% molar en biogases obtenido de rellenos sanitarios; en sistemas con biodigestores, normalmente la concentración no supera el 5% molar.
- Oxígeno (O_2): el máximo valor que puede alcanzar en el biogás es de 5% molar.
- Agua (H_2O): es normal encontrar vapores de agua, especialmente cuando se trabaja con procesos termofílicos. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

El biogás se puede utilizar para producir calor y vapor (por ejemplo, producción de electricidad y cogeneración), como combustible para vehículos, sustituto del gas natural en las redes domésticas y las inyecciones de la red de gas. El uso de biogás depende de su calidad, es decir, debe purificarse utilizando tecnologías de actualización para eliminar los compuestos que pueden causar una pérdida de eficiencia, daños al equipo o simplemente para evitar consecuencias para la salud.

Se pueden utilizar diferentes tecnologías de mejora para la purificación de biogás, donde los pasos de mejora más importantes son la eliminación de humedad (secado), de H_2S (desulfuración) y de CO_2 (aumento del valor de calentamiento). Los compuestos mencionados se eliminan mediante procesos físicos y químicos y, recientemente, también incluyen procesos fotosintéticos (Trujillo y Rivera, 2019).

Por las utilidades y los beneficios mencionados, particularmente en Argentina, los sectores productivos están llevando a cabo una serie de proyectos, principalmente agrícolas

(Menéndez y Hilbert, 2013), basados en el potencial para generar biogás a partir de sus desechos (EPA, 2009).

2.1.2. Contexto nacional

La matriz energética argentina está basada principalmente en fuentes provenientes de combustibles fósiles y, actualmente, la potencia instalada resulta insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de la población creciente. (Chorkulak V, 2016).

La Ley N° 27.191 aprobada por el Congreso de la Nación Argentina (CNA) en el año 2015, busca fomentar la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. La mencionada ley estipula llegar al 8% de participación para fines del 2018, al 12% en 2019 y al 20% en 2025.

En este marco de evolución, la participación de las Energías Renovables (EE.RR) en la matriz eléctrica local (o en la potencia total instalada, PTI), alcanzó el 4% en 2018. A pesar de no haberse alcanzado el objetivo estipulado en la Ley N° 27.191, que exigía cuatro puntos porcentuales más (es decir, un 8%), la evolución registrada en los años 2017 y 2018 se traduce en un crecimiento que fue mayor al 90%, pasando de una oferta de generación en EE.RR de alrededor de 753 MW (es decir, un 2% de participación en la PTI), a otra de 1.462 MW (4%).

Como se puede observar en la Figura 1, el porcentaje que se cubre de la demanda total con energía renovable en la actualidad (Abril 2020), es de 11,13%, habiéndose podido lograr un pico máximo en febrero del corriente año, de 17,3%, lo cual conforma un cambio paradigmático respecto a la composición tradicional de la matriz eléctrica y un logro por demás significativo.

Es sabido que las políticas orientadas a concretar la transición o sesgar la matriz energética hacia las EE.RR, además de propiciar el crecimiento de determinadas actividades económicas (como puede ser la agroindustria, a partir del impulso que recibe la producción de biocombustibles), pueden fomentar, si el mercado es lo suficientemente grande y existen los incentivos adecuados, la aparición de una industria verde.

En síntesis, lo anterior significa que existe en Argentina una oferta interesante de insumos y material nacional que justifican el fomento local a las EE.RR, principalmente en todo aquello relacionado a las tecnologías eólicas, solares y de bioenergías, elementos suficientes para esperar que, a futuro, la participación de la industria nacional en el desarrollo de estas fuentes continúe incrementándose.

Como puede observarse en la Figura 2, las zonas de la Patagonia, Buenos aires + Gran Buenos Aires (BAS + GBA), el Noroeste argentino (NOA) y Cuyo son actualmente las más aptas o atractivas para el desarrollo de estas fuentes de energía (KPMG, 2019).



Figura 1: Porcentaje cubierto por Energías Renovables.
Fuente: Cammesa (04/2020).



Figura 2: Potencia Instalada en diferentes regiones del País.
Fuente: Cammesa (04/2020).

En la Figura 3 se pueden observar las cantidades de cada una de las energías renovables, que componen la producción total en el País. A su vez, se destaca la comparación entre la capacidad instalada del tipo de energía renovable y la cantidad de ese tipo de energía que se produce.



Figura 3: Generación de Energía Actual vs. Instalada.
Fuente: Cammesa (04/2020).

2.2. Biodigestores

Un biodigestor es un contenedor (también conocido como reactor), herméticamente cerrado y destinado a realizar un manejo adecuado de residuos orgánicos, en donde se los descompone y se los trata por medio de la actividad de bacterias anaeróbicas para generar biogás. Los materiales orgánicos se ponen a fermentar con cierta cantidad de agua, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos.

En general son construidos sobre cemento y una sección de los mismos (o su totalidad) es enterrada bajo tierra para limitar la pérdida de calor. En la parte superior, se coloca una campana de cierre hidráulico, donde se genera la recolección del gas que luego se almacenará en un gasómetro.

2.2.1. Clasificación según complejidad y utilización.

Los biodigestores varían de acuerdo a su complejidad y utilización. De este modo, conviene diferenciarlos por su modo de operación en relación a su alimentación. Los mismos se diferencian en:

2.2.1.1. Biodigestores continuos

La materia orgánica entra de forma regular por uno de los extremos, mientras que el compostaje producto de la fermentación es extraído por el extremo opuesto. En un digestor continuo, es necesario que la materia introducida esté compuesta con la menor parte de fibras vegetales posibles, ya que estas tienden a permanecer en la superficie del líquido, formando capas o costras de difícil eliminación.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Su uso corresponde a plantas de gran capacidad, tipo industrial, en las cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionándoles calefacción y agitación, así como para su control. Dado que se genera una gran cantidad de biogás, habitualmente, éste se aprovecha en aplicaciones industriales.

Ventajas:

- Se puede controlar la digestión que es requerida, por medio de la cantidad de biomasa depositada diariamente.
- La carga y descarga del biodigestor no requiere de operaciones especializadas.

Desventajas:

- Baja concentración de sólidos que se pueden depositar dentro.
- Puede ocasionar problemas en la limpieza.
- Alto consumo de agua.
- No posee un buen diseño para tratar materiales que son más pesados que el agua (no flotan), ya que no cuenta con agitador.

2.2.1.2. Biodigestores Semicontínuos

La primera carga que se introduce al digestor consta de una gran cantidad de materias primas. Luego, se agregan volúmenes de nuevas cargas de materias primas (afluente), calculados en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del digestor. Este proceso es usado en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares son el digestor Hindú y el Chino.

2.2.1.3. Biodigestores discontinuos (tipo Batch)

Los digestores discontinuos tienen un funcionamiento cíclico, a diferencia de los continuos, que presentan un funcionamiento de régimen constante. Como en este caso la producción de gas no es continua, se suele construir más de un biodigestor, realizando la carga en forma alterada para obtener un suministro de gas lo más constante posible.

Inicialmente, se carga la materia prima. Luego, en el interior del reactor, comienza la etapa de fermentación, en la que se producen las transformaciones biológicas.

En el caso de los digestores discontinuos, la presencia de fibras vegetales no es un inconveniente debido a que las mismas aumentan la producción de biogás y la eventual formación de costras superficiales no genera problemas ya que en la etapa final de vaciado serán removidas.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Está destinado a pequeñas y grandes explotaciones agropecuarias; su uso a escala doméstica es poco práctico (Raffo & Zava, 2014).

Ventajas:

- Puede procesar gran cantidad de materiales y puede recogerse en campos abiertos sin importar si tiene materia seca pues esto no entorpece la operación del biodigestor.
- Puede llenarse con materiales secos que no absorben humedad (que floten en el agua) así como pasto, cáscara de frutos y desechos de alimentos.
- Se pueden manejar las variables relacionadas con la fermentación, como la de la temperatura, el tiempo de retención, la carga depositada y los periodos de carga y descarga.
- No requiere atención diaria.

Desventajas:

- La carga y descarga del biodigestor requiere de mucho trabajo y dedicación.

2.2.2. Tipo de biodigestores

Existen diferentes tipos de biodigestores que se diferencian entre ellos principalmente por su estructura y objetivos de utilización. Es decir, según el tipo de biodigestor, algunos buscan principalmente la generación de energía (en forma de biogás), y por otro lado, otros sólo buscan la biodegradación de residuos con el objetivo de utilizarlos como biofertilizantes.

A continuación, se presentan los tipos de biodigestores, cuyas características permiten que sean aplicables al presente proyecto. En función a su eficiencia para llevar a cabo la tarea que se tiene por objetivo, es que se decidirá por uno de estos tipos.

2.2.2.1. Biodigestor de Laguna Cubierta

Son utilizados para tratar excremento líquido con concentraciones de sólidos menores al 3% (es necesario diluir el estiércol). Por lo general, se requieren de grandes volúmenes de agua para alcanzar esa concentración deseada. Su utilización es conveniente para climas cálidos y, de instalarse en lugares fríos, su uso se encuentra limitado como productor estacional de biogás (durante los periodos en los que incrementa la temperatura).

La principal ventaja de los digestores de laguna cubierta es la falta de necesidad de calentamiento y su bajo nivel de tecnología, lo que facilita su mantenimiento y disminuye sus costos. Sin embargo, este tipo de digestores está más destinado a la descomposición de los

residuos que a la generación de energía, ya que surge como principal desventaja la tardanza del proceso de biodigestión, debido a las bajas temperaturas de funcionamiento.

Hay dos tipos de coberturas para estas lagunas: completa (bank-to-bank) y modular. La cubierta completa se utiliza en regiones donde ocurren fuertes precipitaciones, mientras que los cobertores modulares sirven para las regiones áridas.

Un esquema de este tipo de biodigestor Laguna Cubierta se muestra en la Figura 4.



Figura 4: Biodigestor tipo Laguna Cubierta.
Fuente: Raffo & Zava, 2014.

2.2.2.2. Biodigestor de domo flotante o Hindú

Este biodigestor consiste en un tanque reactor vertical que tiene instalado una campana flotante recolectora de biogás. Con esta campana se logra, además, una presión constante, lo que permite una operación eficiente de los equipos a los que alimenta. El reactor se alimenta en forma semi-continua a través de una tubería de entrada. Este tipo de biodigestor, pueden tener el digestor y el gasómetro integrados, o por separado. Un esquema de este tipo de biodigestor se muestra en la Figura 5. Este tipo de digestor presenta una buena eficiencia de producción de biogás, generando entre 0.5 y 1,0 volumen de gas por volumen de digestor por día.

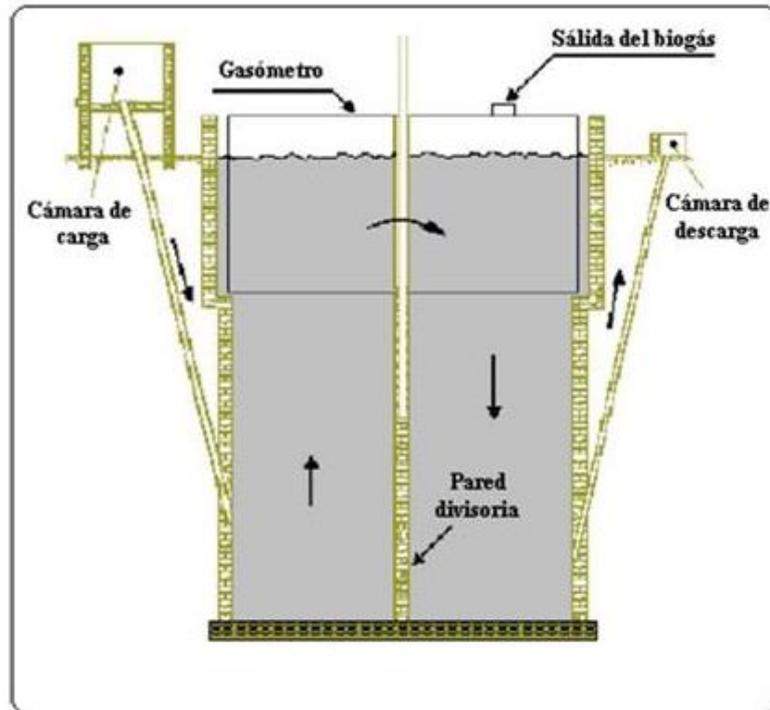


Figura 5: Biodigestor tipo Hindú.
Fuente: Raffo & Zava, 2014.

2.2.2.3. Biodigestor de domo fijo o Chino

El biodigestor chino funciona con presión variable ya que el objetivo no es producir gas, sino abono orgánico (biofertilizante) ya procesado. Este tipo de biodigestor no tiene campana flotante, si no techo fijo para la recolección de biogás y se construye totalmente enterrado.

Se necesitan materiales de alta calidad y recursos humanos costosos para construir este tipo de biodigestor, aunque esta instalación tiene como ventaja su elevada vida útil (pueden llegar a 20 años de funcionamiento), siempre que se realice un mantenimiento sistemático.

A pesar que el digestor chino es poco eficiente para generar biogás, es excelente en la producción de bioabono. Un esquema de este tipo de biodigestor se muestra en la Figura 6.

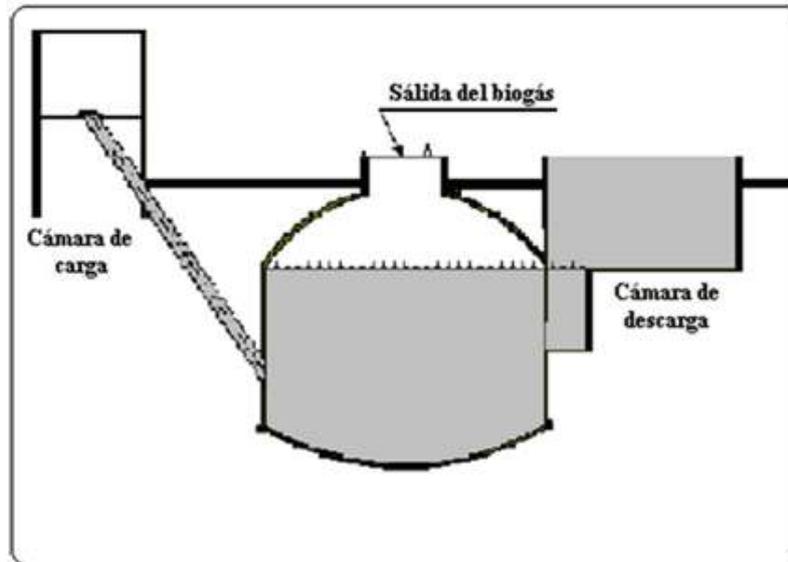


Figura 6: Biodigestor tipo Chino.
Fuente: Raffo & Zava, 2014.

2.2.2.4. Biodigestor de estructura flexible.

Los biodigestores de estructura flexible están hechos de materiales más económicos que los contruidos en base a una estructura fija, como por ejemplo nylon, neopreno, PVC y polietileno.

Este sistema posee una mayor área superficial por lo que resulta muy eficiente. Es deseable que el biodigestor esté aislado y cuente con un dispositivo de calentamiento y de agitación.

Entre las desventajas del biodigestor de plástico se halla su bajo tiempo de vida útil, lo que hace necesario montar una nueva instalación cada tres años. También es muy vulnerable a sufrir roturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre y los animales.

2.2.2.5. Biodigestor mixto: tanque de almacenamiento de piedra y campana de polietileno.

Este tipo de instalación tiene como ventaja el hecho de ser más económica que los sistemas tradicionales (lográndose haber disminuido hasta un 30% los costos respecto a los prototipos tradicionales) y la estructura de polietileno flexible puede llegar a alcanzar hasta diez años de vida útil (Raffo & Zava, 2014).

2.3. Descripción de los Productos.

2.3.1. Producto principal y subproductos.

Productos principales y subproductos, hace referencia a aquellos que podrían obtenerse con el uso del biodigestor en cualquier circunstancia. Luego se analizará, cuál de estas aplicaciones se busca aprovechar en el caso específico de este proyecto.

- **Biogás:** Analizando las diversas formas que hay de utilizar el biogás generado en el proceso de digestión, se puede encontrar, por un lado la utilización de éste como generador, tanto de energía eléctrica como energía térmica.
 - **Energía eléctrica:** Para lograrla, se utiliza un motor generador de energía eléctrica. Es un motor que funciona a gas metano y genera electricidad. Esta se puede utilizar, por ejemplo, para reducir gastos del establecimiento, abastecer las necesidades de una casa, un pueblo o contribuir a la línea eléctrica de una central (para lo cual se requiere un nivel de actividad considerable para ello). Además, puede ser utilizada reemplazando la energía obtenida a partir del gas oil empleado en un grupo electrógeno.
 - **Energía térmica:** A través de la combustión del biogás, el mismo puede ser utilizado para calefaccionar las salas, para calentar los hornos de comedor y en diversas formas para el resto del establecimiento, el cual reemplazará al gas licuado de petróleo (GLP), utilizado actualmente. Por otro lado, también puede utilizarse para mejorar la temperatura de la mezcla que ingresa al biodigestor y así optimizar el proceso de biodigestión (en caso de ser necesario). En otras circunstancias puede ser también utilizado para la generación de vapor para procesos que así lo requieran (Varnero, 2011).

Como se puede ver, las aplicaciones del biogás son muy amplias, y dependen mucho de las condiciones y posibilidades del lugar donde éste se utiliza.

Lo primero que se debe hacer para ver de qué manera se puede aprovechar el biogás generado en la biodigestión anaeróbica, es calcular cuánto biogás puede ser producido en condiciones normales utilizando como sustrato los desechos que se generan en el lugar de aplicación.

- **Biofertilizantes:** Es el desperdicio que se obtiene después de la biodigestión, los mismos pueden ser de tipo líquidos o sólidos. Ambos, generan un beneficio adicional, considerándose un abono orgánico, que durante el proceso pierde el olor característico del estiércol que lo originó y puede ser utilizado para el mejoramiento de suelo ya que el mismo aporta nutrientes necesarios.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

En lo que respecta al líquido tiene una serie de ventajas: es más fluido, no quema, es menos peligroso para el medio ambiente, los nutrientes están más disponibles y el mal olor disminuye drásticamente. En el establecimiento, este subproducto se utilizaría reemplazando a los fertilizantes industriales, luego de aplicar la tecnología del biodigestor (Varnero, 2011).

- Residuos: En este caso, serán residuos aquellos efluentes que no hayan cumplido el 100% del proceso de biodegradación, es decir, no poseen todas las características de biofertilizantes (Varnero, 2011).

2.3.2. Producto sustituto o similar

Con el uso del biodigestor se puede buscar sustituir tres fuentes de energía convencionales.

- Gas natural: La situación actual en cuanto al gas, es claramente preocupante. En Argentina, los aumentos de producción se han hecho sobre la base de afectar el balance de reservas, es decir la producción crece a costa de una caída de las reservas cuyo horizonte temporal se ha reducido notoriamente.

- Gas licuado de petróleo (GLP): El GLP es la mezcla de gases, en su mayoría compuestos por Butano y Propano, que se obtienen a través del refinamiento del petróleo y también de procesos de separación del gas natural.

- Gas Oil: Existen equipos de generación de energía eléctrica que funcionan con este combustible fósil, el cual podría ser reemplazado por el biogás generado (Varnero, 2011).

Vale la pena aclarar que, en este proyecto específicamente, la fuente convencional que busca sustituirse es el GLP debido a que la institución no cuenta con gas natural. Este tipo de gas envasado significa un gasto significativo al final de cada mes, principalmente en los meses invernales.

La utilización de biodigestores no sólo disminuye el impacto ambiental, como se observará más adelante, que genera la falta de tratamiento de los residuos. Sino que también, a partir del aprovechamiento de sus productos (biogás y biofertilizantes), puede significar un aumento en la reducción de los costos de operación de las instalaciones de la escuela, lo que hace atractiva la inversión para la instalación del biodigestor.

2.4. Matriz FODA

El análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), permite relacionar los factores tanto internos como externos, positivos y negativos de la

implementación de ésta nueva tecnología. Es una herramienta que permite identificar y cuantificar factores preponderantes a tener en cuenta para llevar a cabo la elección.

Una vez realizado el análisis mediante la Matriz FODA, el siguiente paso es evaluar la situación interna y externa de la institución, esto mediante la Matriz de Evaluación de los Factores Internos (MEFI) y la Matriz de Evaluación de los Factores Externos (MEFE).

2.4.1. Matriz de Evaluación de los Factores Internos

La MEFI se realiza mediante la ponderación de cada uno de los factores de las Fortalezas y Debilidades, dependiendo de su importancia relativa y de su posibilidad de abordaje con la realización del presente proyecto (Fred R. David, 1997).

La manera de ponderar y calificar los factores considerados en la Tabla MEFI, se detalla a continuación:

- Asignar un peso entre 0.0 (no importante) hasta 1.0 (muy importante), el peso otorgado a cada factor, expresa la importancia relativa del mismo, y el total de todos los pesos en su conjunto debe dar como resultado la suma de 1.0.
- Asignar una calificación entre 1 y 2 para las Debilidades, y entre 3 y 4 para las Fortalezas, donde el 1 es irrelevante y el 4 se evalúa como muy importante.
- Efectuar la multiplicación del peso de cada factor para su calificación correspondiente, para determinar una calificación ponderada de cada factor, ya sea fortaleza o debilidad.
- Sumar las calificaciones ponderadas de cada factor para determinar el total ponderado de la organización en su conjunto (Fred R. David, 1997).

2.4.2. Matriz de Evaluación de los Factores Externos

El proceso de llevar a cabo esta matriz es similar a la matriz MEFI solo que en este caso sobre las Oportunidades y Amenazas, y existiendo una única diferencia:

- Ponderar con una calificación de 1 a 4 para cada uno de los factores considerados determinantes para el éxito, con el propósito de evaluar si las estrategias son realmente eficaces, el 4 es una respuesta considerada superior, 3 es una respuesta superior a la media, 2 una respuesta de término medio y 1 una respuesta mala (Fred R. David, 1997).

2.5. Estudio de factibilidad

En el presente proyecto, el estudio de factibilidad se lleva a cabo mediante la relación beneficio/costo. El beneficio está dado por el ahorro de la institución y los costos

están representados por la Inversión requerida para la implementación del proyecto y por los gastos en los que se incurre para la operación y mantenimiento del mismo.

Para el cálculo del ahorro se debe obtener el Valor Anual Neto (VAN) de los beneficios de cada período. Por otra parte, el costo se obtiene calculando el VAN de la inversión y los costos operativos.

El valor actual neto (VAN), también conocido como valor actualizado neto o valor presente neto, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto, según la ecuación (1) (Mete M. R., 2014).

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Se debe tener en cuenta al analizar esta relación de beneficio/costo que si su resultado es mayor a la unidad, representa que es factible realizar el proyecto desde el análisis económico. Esto daría como resultado un beneficio mayor al costo que el mismo representa.

Para poder realizar un análisis más exhaustivo de la situación, se puede presumir que los beneficios provenientes de los ahorros de la institución son considerados como los flujos de caja pertenecientes al proyecto.

2.5.1. Flujo de caja

Los ingresos y egresos de operación constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja (Sapag Chain, 2005).

- Flujo de caja positivo: Indica que los activos corrientes de la empresa están aumentando, lo que le permite liquidar deudas, reinvertir en su negocio, devolver dinero a los accionistas, pagar los gastos y proporcionar un amortiguador contra futuros desafíos financieros.
- Flujo de caja negativo: Indica que los activos corrientes de la empresa están disminuyendo.

Vale la pena aclarar que en éste proyecto, el flujo de caja se verá representado por el Ahorro anual que la institución logre con la aplicación del biodigestor.

2.5.2. Tiempo de repago

Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión original en forma de los flujos de caja del proyecto. Generalmente, la inversión original significa sólo la inversión fija inicial depreciable (Zugarramurdi & Parin, 1998).

En el presente proyecto el tiempo de repago se obtiene comparando la inversión inicial y el ahorro anual de la institución. Dicho ahorro se suma anualmente y se descuenta de la inversión total. En el año donde se logre una suma positiva, es decir que el ahorro de todos los años sea mayor a la inversión, esto indica que en ese año se recuperó el total de la inversión realizada.

2.6. Marco legal y legislación ambiental

A continuación, se mencionan las leyes y normas tanto nacionales como provinciales, vinculadas a aspectos ambientales, como así también al manejo y disposición de efluentes y residuos en general. También se listan las leyes en relación a la revalorización de recursos o residuos mediante su utilización como fuente de energía y/o enmiendas o fertilizantes orgánicos.

2.6.1. Normas nacionales

- Artículo 41° de la Constitución Nacional.
- Ley 25675/02, Ley general del ambiente.
- Ley 25688/02, Régimen de gestión ambiental de aguas.
- Ley 25612/02, Gestión integral de residuos industriales.
- Ley 24051/92, Ley de Residuos Peligrosos, y Decreto reglamentario 831/93.
- Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, 982 (Res. MSyAS 494/94).
- Ley 26190/06, Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.
- Ley 27191/15, Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica -modificatoria de la Ley 26190-, y su Decreto reglamentario 531/16.

2.6.2. Normas ambientales de la provincia de Buenos Aires

- Ley 11723/95, Ley del Ambiente.
- Ley 5965, Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, y Resolución 236/03, sobre límites de descarga admisibles.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- Código de aguas (1999).
- Ley 11720, Ley de residuos especiales.
- Ley 13656, Ley de promoción industrial de la provincia de Buenos Aires.
- Ley 12603/00, Declaración de interés provincial para la generación y producción de energía eléctrica a través de fuentes de energía renovables.

En el Anexo I se encuentra un resumen de la aplicación de estas leyes y artículos en la que se describe por qué se deben tener en cuenta en el proyecto en cuestión.

2.7. Impacto Ambiental.

La utilización de medio ambiente, como término acuñado desde hace tiempo para hacer referencia al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, se presta a una multitud de interpretaciones y apropiaciones. De manera general se lo puede entender como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos.

La protección ambiental se demuestra especialmente en cada una de las miles de “toma de decisiones” que afectan a un territorio. Esa actitud cotidiana, en las pequeñas y grandes cosas, junto con marcar globalmente el “ambientalismo” en las actividades, hace surgir el concepto de impacto ambiental. Durante mucho tiempo este término fue acuñado para los temas de contaminación y también estuvo centrado en lo urbano; luego el concepto se hizo extensible a especies animales, vegetales y a ecosistemas. Por ello se puede definir ampliamente el impacto ambiental como la alteración significativa de los sistemas naturales y transformados y de sus recursos, provocada por acciones humanas. Por tanto, los impactos se expresan en las diversas actividades y se presentan tanto en ambientes naturales como en aquellos que resultan de la intervención y creación humana.

La inquietud central respecto a un impacto ambiental es establecer el tipo de alteraciones que genera molestias o cambios, es por esto que la dimensión ambiental debe analizarse, en un sentido amplio, tanto en sus aspectos naturales (como el suelo, la flora, la fauna) como de contaminación (aire, agua, suelo, residuos), de valor paisajístico, de alteración de costumbres humanas y de impactos sobre la salud de las personas. En definitiva, la preocupación surge con todas las características del entorno donde vive el ser humano cuya afectación pueda alterar su calidad de vida.

Por todo lo expresado anteriormente es que la Evaluación de Impacto Ambiental es uno de los instrumentos preventivos de gestión ambiental que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por ende, evalúa y corrige las acciones

humanas y evita, mitiga o compensa sus eventuales impactos ambientales negativos (Espinoza, 2001).

2.7.1. Metodologías de evaluación

Numerosos tipos de métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos, debido a esto, se desarrollará el método o la combinación de estos que en este trabajo se utilizan.

Dentro de las diferentes alternativas para el proceso de EIA se pueden encontrar diferentes métodos como:

- Listas de chequeo
- Matriz de Leopold
- Sistema de evaluación ambiental Batelle-Columbus
- Método de transparencias (Mc Harg)
- Análisis costes-beneficios
- Modelos de simulación
- Sistemas basados en un soporte informatizado del territorio
- Técnicas difusas

Por las características del proyecto, por la información que se tiene de éste y por la información que se espera obtener, el método para la fase cualitativa que se consideró más útil y apto para su aplicabilidad fue la Matriz de Leopold a través de la metodología convencional (crisp) (García-Leyton. 2004).

Por otro lado, se debe destacar que la Matriz de Leopold está considerada dentro de las Metodologías para la evaluación de impactos ambientales de la “Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental” considerada en el Anexo I de la Resolución (SAyDS) 337/19 de la ley 25.675.

2.7.1.1. Matriz de Leopold

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto (Leopold et al., 1971).

La Figura 7 muestra la estructura general de la matriz de Leopold, que se explica en forma resumida a continuación:

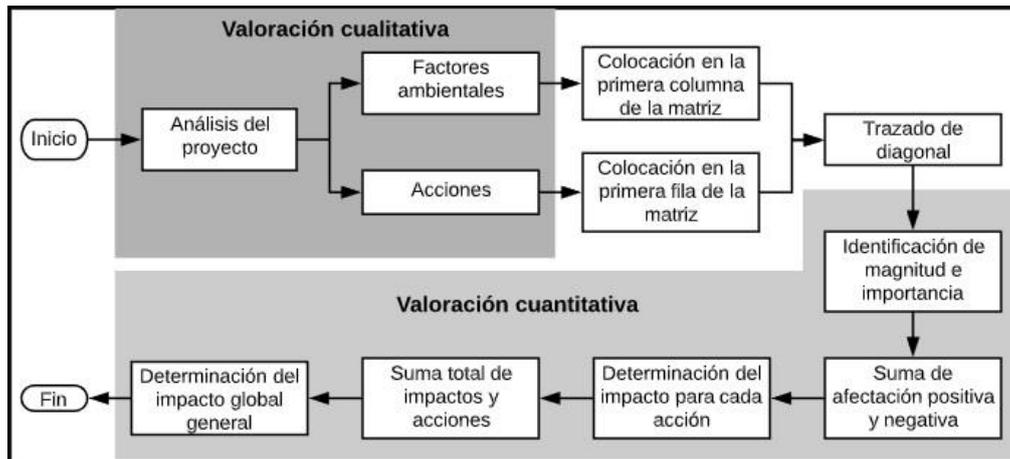


Figura 7: Estructura general de la matriz de Leopold
Fuente: Elaboración propia

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción. (García-Leyton. 2004)

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

- Magnitud: valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.
- Importancia: valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados.

Puede haber factores ambientales que sean afectados de forma crítica, pero que dentro del medio receptor, ese factor no tenga excesiva importancia o al contrario, un impacto de magnitud limitada, aunque solo sea temporalmente, sea de una gran importancia al afectar a un factor ambiental que posea una gran calidad ambiental.

El texto que acompañe la matriz consistirá en la discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas estén señalados con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores.

La matriz de Leopold es "global", ya que cubre las características geobiofísicas y socioeconómicas, además de que el método incluye características físicas, químicas y biológicas.

La "objetividad" no es un elemento sobresaliente en la Matriz de Leopold, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto. (García-Leyton. 2004)

En el Anexo II se incluye la lista de factores ambientales que pudieran verse afectados en un proyecto, como así también las acciones que pueden causar algún impacto.

2.7.2. Evaluación convencional del Impacto Ambiental

La Figura 8 muestra la estructura general de una Evaluación de Impacto Ambiental, que se explica en forma resumida a continuación:

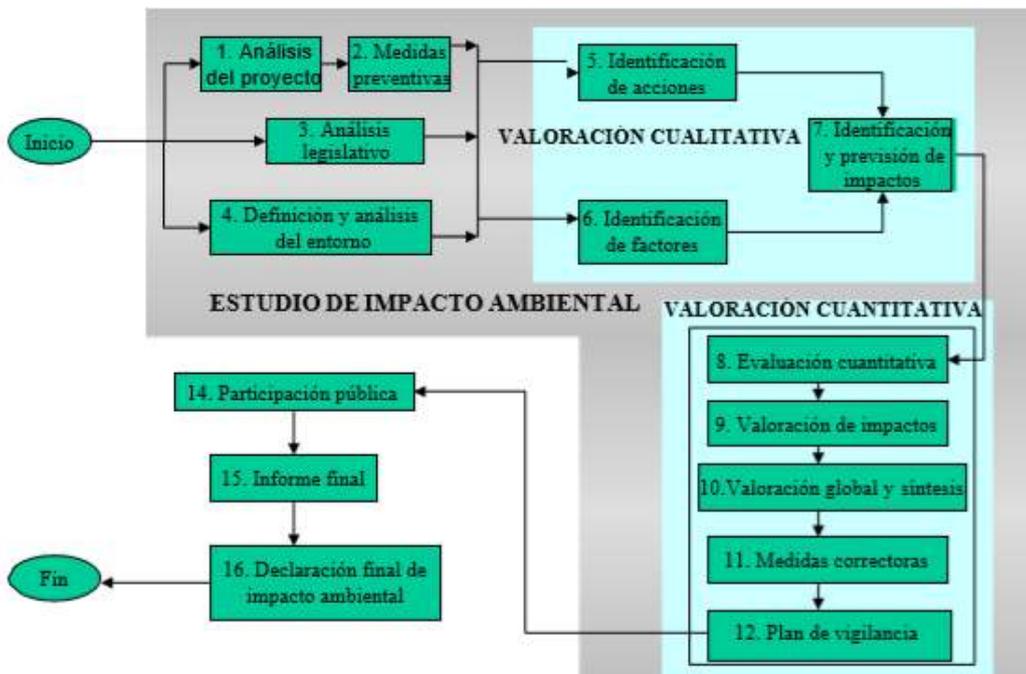


Figura 8: Estructura general de una Evaluación de Impacto Ambiental
Fuente: Duarte (2000).

Las primeras cuatro fases tienen por objetivo conocer con profundidad el proyecto y sus alternativas, así como efectuar una primera aproximación a la estimación de sus consecuencias medioambientales. Las fases 5, 6 y 7 se agrupan bajo el nombre de

Valoración Cualitativa, mientras que las fases 8 al 12 se conocen como la Valoración Cuantitativa. La Evaluación de Impacto Ambiental puede ser Simplificada o Detallada según se omitan o no las fases 8 a 12.

Por otra parte, las tres últimas fases se relacionan con las consecuencias sociales de la evaluación que se recopilan en la declaración de Impacto Ambiental (García-Leyton, 2004).

2.7.2.1. Valoración cualitativa.

En la etapa de Valoración Cualitativa se busca obtener una estimación de los posibles efectos que recibirá el medio ambiente, mediante una descripción lingüística de las propiedades de tales efectos. Se debe catalogar ciertas variables con etiquetas tales como “Baja” o “Media” y a partir de esa información se obtiene un conocimiento cualitativo del impacto ambiental.

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos, que se detallan a continuación:

- Describir el medioambiente como un conjunto de factores medioambientales.
- Describir la actividad que se evalúa como un conjunto de acciones.
- Identificar los impactos que cada acción tiene sobre cada factor medioambiental.
- Caracterizar cada impacto mediante la estimación de su Importancia.
- Analizar la importancia global de la actividad sobre el medio, utilizando para ello las importancias individuales de cada impacto.

El entorno suele dividirse en sistemas ambientales, éstos en subsistemas ambientales, los cuales a su vez se subdividen en componentes ambientales, que por último se dividen en aspectos ambientales.

Una vez determinados los aspectos y las acciones se procede a identificar los Impactos que estas últimas tienen sobre los primeros. Los expertos del equipo interdisciplinar deben determinar la Importancia de cada efecto para cada uno de los impactos, para lo que se utiliza valoraciones del 0 al 10 o del 0 al 5 para cada uno estos efectos, dependiendo la exactitud con que se quiere analizar.

Cada impacto puede analizarse en función de diferentes efectos como pueden ser: Naturaleza, Intensidad, Extensión, Momento, Persistencia, Reversibilidad, Sinergia, Acumulación, Periodicidad, Recuperabilidad, entre otras que pueden ser agregadas por el analizador.

La importancia de un impacto es una medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia (Intensidad) de la alteración producida, y de una caracterización del impacto. En la metodología crisp se propone calcular la importancia de los impactos realizando la suma o el producto de la valoración asignada y así obtener la importancia de cada uno de ellos como Irrelevante, Moderado, Severo o Crítico.

Nótese que aunque se pretende que la importancia sea una medida cualitativa, en realidad se calcula cuantitativamente, asignando para ello números enteros a cada una. La descripción cualitativa de la metodología crisp en realidad es una descripción cuantitativa basada en números enteros (García-Leyton, 2004).

2.8. Mantenimiento

Conjunto de técnicas, medios y acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado, en condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integrales.

El mantenimiento tiene como finalidad conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad en el trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

El mantenimiento debe seguir las líneas generales determinadas con anterioridad, de forma tal que la producción no se vea afectada por las roturas o imprevistos que pudieran surgir (Torres, 2005).

2.8.1. Políticas de Mantenimiento

En la Tabla 1 se pueden observar los dos tipos de Políticas a llevar a cabo en el Mantenimiento y sus aplicaciones.

Política de Mantenimiento	
NO MANTENIMIENTO	A rotura
MANTENIMIENTO	Reactivo: Correctivo
	Preventivo: Sistemático, Condicional o Detectivo
	Proactivo: De mejora

Tabla 1: Tipos de Políticas de Mantenimiento
Fuente: Sacristán, 2001

2.8.2. Tipos y características

2.8.2.1. Mantenimiento correctivo

Comprende todas las tareas que se ejecutan luego que un equipo tuvo un cese de funcionamiento imprevisto (falla), o cuando decrece su actividad por debajo de un nivel aceptable estando en operación; y que tienden a restablecer el equipo a un estado en que pueda realizar la función requerida.

En la Tabla 2 se pueden observar las ventajas y desventajas que implica la aplicación del mantenimiento correctivo.

Mantenimiento Correctivo	
Ventajas	Desventajas
Permite el uso racional de medios y mano de obra.	Permite un fallo en un componente y consecuentemente los costos pueden ser muy altos.
Permite un mejor aprovechamiento del tiempo.	
Permite llevar un costeo de mantenimiento.	El fallo puede ocurrir a una hora y un lugar inconvenientes para su arreglo/sustitución.
Exige mantener al día la información técnica.	
Permite que los equipos se mantengan en niveles aceptables de operatividad.	Existen cierto tipo de plantas que no pueden ser paradas de un momento a otro para llevar a cabo éste mantenimiento.
Permite trabajar sobre la base de presupuestos de servicio.	

Tabla 2: Ventajas y desventajas del Mantenimiento Correctivo
Fuente: Elaboración Propia

Vale la pena aclarar que existen dos tipos de Mantenimiento Correctivo:

- Por reparación: usado preferentemente en líneas de fabricación con alta capacidad de producción. Por lo general necesita de talleres auxiliares.
- Por sustitución de elementos: se aplica en todo tipo de equipos, especialmente en aquellos que se dificulta la obtención de repuestos. En ciertos casos se requiere de empresas contratistas.

2.8.2.2. Mantenimiento Preventivo Sistemático

El Mantenimiento Preventivo consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre las instalaciones, maquinarias y equipos de producción antes que se haya producido una falla, y su objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que se presta.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programadas de forma sistemática, así como operaciones de cambio cíclico de piezas, conjuntos o reconstrucción-reparación de elementos de forma, asimismo sistemática.

Existen dos tipos de mantenimiento preventivo:

- Automantenimiento: tareas de mantenimiento ejecutadas en los equipos por sus operarios de producción.
- Mantenimiento Programado: tareas que responden a un plan de mantenimiento, que están estrictamente programadas, y que son ejecutadas por personal idóneo.

Los pasos para llevar a cabo un plan de Mantenimiento Preventivo son los siguientes:

- a) Disponer de los datos necesarios.
- b) Establecer cuándo y cómo deben hacerse inspecciones e intervenciones en los equipos.
- c) Establecer estándares.
- d) Ejecutar el plan de Mantenimiento Preventivo.
- e) Controlar y analizar resultados.
- f) Estudiar mejoras y analizar los planes.

2.8.2.3. Mantenimiento Condicional o Predictivo

El Mantenimiento Condicional o Predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallas, para así determinar en qué período de tiempo esa falla va a tomar una relevancia importante, y por ende planificar las intervenciones con tiempo suficiente para que esa falla nunca tenga consecuencias graves.

Generalmente se aplica a equipos donde se debe tener especial cuidado, debido a que los costos de este tipo de mantenimiento son muy altos, entonces verdaderamente se debe justificar la inversión.

Ventajas del Mantenimiento Condicional:

- Reduce el tiempo de parada, al conocerse exactamente cuál pieza falló.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Reduce la cantidad de accidentes causados por los equipos.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- Al realizar la verificación del estado de los equipos, ya sea de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento técnico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite que ciertos equipos puedan funcionar a sobrecapacidad o sobrevelocidad.
- Es utilizado para reducir el número de productos por debajo de la calidad mínima exigible.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.
- Permite detectar pérdidas de rendimiento y/o incremento del consumo energético.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación, tal que no implique el desarrollo de una avería imprevista.
- Permite tomar decisiones respecto de la detención de una línea de producción de momentos críticos.
- Permite la confección de documentos internos de proceso.
- Se lo utiliza en la compra de nuevos equipos (ensayo de recepción), o en las grandes reparaciones.

2.8.2.4. Mantenimiento Preventivo Detectivo

Se considera mantenimiento detectivo al conjunto de rutinas/tareas cuya finalidad es poner de manifiesto fallos ocultos que ocurren en dispositivos redundantes o de protección, por medio de chequeos regulares de funcionamiento (preventivo sistemático) o de alguna variable de proceso (predictivo).

El mantenimiento detectivo es determinante para el control de los fallos que involucran un alto riesgo. Debe tratarse independientemente de los otros tipos de mantenimiento, pues la selección de tareas y la determinación de sus frecuencias de ejecución se sustentan en conceptos completamente diferentes (Sacristan, 2001).

2.8.2.5. Mantenimiento Proactivo o de Mejora

El Mantenimiento de Mejora consiste en las acciones que lleva a cabo el área de mantenimiento tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de esta forma una mayor fiabilidad y/o mantenibilidad de las mismas (Sacristán, 2005). En la Tabla 3 se puede observar las ventajas y desventajas de la utilización de este tipo de política de mantenimiento.

Mantenimiento de Mejora	
Ventajas	Mayor fiabilidad
	Mayor mantenibilidad
Desventajas	Costos
	Tiempo de realización

Tabla 3: Ventajas y desventajas del Mantenimiento de Mejora
Fuente: Elaboración Propia

2.8.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas

Para llevar a cabo un análisis más exhaustivo, es posible realizar un estudio de las fallas potenciales. El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) contribuye, mediante el análisis sistemático, a identificar y prevenir los modos de falla. Un modo de falla es entendido como una de las maneras en las que un sistema puede fallar, es decir, desviarse de su desempeño óptimo (Moubray, 2004).

Para la implementación, se propone la realización de una tabla que contiene los siguientes ítems detallados:

- Elemento: Se determina el elemento que se analizará.
- Función: Se debe saber qué es lo que los usuarios quieren que haga, con los parámetros de funcionamiento asociados.
- Falla Funcional: La negativa a la función. Por ejemplo, si la función del elemento es dotar de velocidad determinada a la línea, la falla funcional será no dotar a la velocidad determinada a la línea.
- Modo de Falla: Los modos de falla son los hechos que de manera razonablemente posible puede haber causado el estado de falla. Por ejemplo: fallas por desgaste, deterioro, corrosión, errores humanos, errores de diseño, etc.
- Efecto de Falla: Responde a la pregunta de qué sucede cuando ocurre la falla. Finaliza diciendo qué debe hacerse para reparar la falla. Por ejemplo: se detiene la línea durante un tiempo prolongado, debe desarmarse el motor y reemplazar los rodamientos.
- Consecuencia de Falla: Las consecuencias de falla se clasifican en: fallas ocultas; ambientales y para la seguridad; operacionales; y no operacionales.
- Actividad Proactiva/A falta de: Una tarea proactiva merece ser realizada si reduce las consecuencias del modo de falla asociado a un grado tal que

justifique los costos directos e indirectos de hacerla. Mantenimiento Preventivo, Predictivo o Reacondicionamiento Cíclico. Las acciones "A Falta De" son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Rediseño o Mantenimiento Correctivo (Moubray, 2004).

2.9. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente.

2.9.1. Legislación

Se hace referencia a la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo con su Decreto Reglamentario 351/79, en el cual están reguladas ciertas prácticas, los puntos del mismo que competen en el proyecto serán descritos a continuación.

2.9.1.1. Aparatos que puedan desarrollar presión interna - Capítulo 16

Artículo 138: En todo establecimiento en que existan aparatos que puedan desarrollar presión interna, se fijarán instrucciones detalladas, con esquemas de instalación que señalen los dispositivos de seguridad en forma bien visible y las prescripciones para ejecutar las maniobras correctamente, prohíban las que no deban efectuarse por ser riesgosas e indiquen las que hayan de observarse en caso de riesgo o avería.

Estas prescripciones se adaptarán a las instrucciones específicas que hubiera señalado el constructor del aparato y a lo que indique la autoridad competente.

Los trabajadores encargados del manejo y vigilancia de estos aparatos deberán estar instruidos y adiestrados previamente por la empresa, quien no autorizará su trabajo hasta que éstos se encuentren debidamente capacitados.

Artículo 143: Los aparatos en los cuales se pueda desarrollar presión interna por cualquier causa ajena a su función específica poseerán dispositivos de alivio de presión que permitan evacuar como mínimo el máximo caudal de fluido que origine la sobrepresión.

2.9.1.2. Protección personal del trabajador - Capítulo 19

Artículo 189: Los equipos y elementos de protección personal serán de uso individual y no intercambiables cuando razones de higiene y practicidad así lo aconsejen. Queda prohibida la comercialización de equipos y elementos recuperados o usados, los que deberán ser destruidos al término de su vida útil.

Artículo 190: Los equipos y elementos de protección personal deberán ser proporcionados a los trabajadores y utilizados por éstos mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes a la aislación o eliminación de los riesgos.

Artículo 191: La ropa de trabajo cumplirá lo siguiente:

- a) Será de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a las condiciones del puesto de trabajo.
- b) Ajustará bien al cuerpo del trabajador sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos.
- c) Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas serán cortas y cuando sean largas, ajustarán adecuadamente.
- d) Se eliminarán o reducirán en lo posible elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros, por razones higiénicas y para evitar enganches.
- e) Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser: corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
- f) En casos especiales, la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo o resistente a sustancias agresivas y, siempre que sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios.

2.9.1.3. Selección y Capacitación del Personal - Capítulo 21

Artículo 208: Todo establecimiento estará obligado a capacitar a su personal en materia de higiene y seguridad, en prevención de enfermedades profesionales y de accidentes del trabajo, de acuerdo a las características y riesgos propios, generales y específicos de las tareas que desempeña.

Artículo 209: La capacitación del personal deberá efectuarse por medio de conferencias, cursos, seminarios, clases y se complementarán con material educativo gráfico, medios audiovisuales, avisos y carteles que indiquen medidas de higiene y seguridad.

Artículo 210: Recibirán capacitación en materia de higiene y seguridad y medicina del trabajo todos los sectores del establecimiento en sus distintos niveles:

1. Nivel superior (dirección, gerencias y jefaturas).
2. Nivel intermedio (supervisión de línea y encargados).
3. Nivel operativo (trabajadores de producción y administrativos).

Artículo 213: Todo establecimiento deberá entregar por escrito a su personal las medidas preventivas tendientes a evitar las enfermedades profesionales y accidentes del trabajo.

2.9.2. Elementos de protección Personal

Equipo o conjunto de equipos destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le da garantía de protección de uno o varios riesgos, que pueda amenazar su seguridad o su salud. En la tabla 4 se pueden observar las partes del cuerpo a cubrir y con qué tipo de EPP se debe realizar. Por otra parte, en la tabla 5, se puede encontrar la función que deben cumplir estos.

Elementos de Protección Personal	
¿Qué protege?	¿Con qué?
Manos y Brazos	Guantes
Cabeza	Casco
Cara	Protector facial
Pies	Zapatos
Piernas	Botas
Cuerpo	Delantales
Ojos	Protectores oculares
Nariz	Protectores respiratorios
Oídos	Protectores auditivos
Cuerpo en altura	Cinturón/arnes

Tabla 4: Tipos de EPP
Fuente: Fundación MAPFRE, 1991

Tipo de Protección	Función a cumplir	Tipo de Protección	Función a cumplir
Cabeza	Debe proteger la cabeza contra golpes con lesiones por aplastamiento o penetración. Riesgos mecánicos, térmicos y eléctricos.	Auditiva	Riesgo a la exposición a nivel sonoro superior al permitido, el tipo depende de la comodidad.
Pies	Riesgos mecaninos, eléctricos, químicos y térmicos.	Respiratoria	Riesgo a la exposicion a ambientes nocivos.
Ocular	Riesgos de proyección de partículas solidas, liquidas, atmosfera contaminada.	Caidas en altura	Riesgo de caida a nivel.
Brazos y Manos	Riesgos mecánicos, eléctricos, químicos y térmicos. No se aconseja usar guantes en maquinas rotativas.	Ropa de trabajo	Previene el riesgo contra quemaduras, raspaduras, dermatosis. Deben ser de fácil de ponerse y sacarse

Tabla 5: Funciones de EPP
Fuente: Fundación MAPFRE, 1991

3. DESARROLLO

Según datos del Registro Federal de Instituciones de Educación Técnico Profesional, la Provincia de Buenos Aires cuenta con aproximadamente 100 escuelas de educación agraria en todos los niveles (INET, 2018).

Se definió el caso de una escuela agraria de la Provincia de Buenos Aires, a los fines de considerar la información de la actividad que realizan, la cantidad de animales y los residuos generados, para validar los resultados del presente proyecto y que el mismo resulte aplicable a la mayoría de los establecimientos presentes en la provincia.

La Institución cuenta con más de 200 alumnos y 20 docentes, además de disponer de aproximadamente 10 empleados administrativos. El total de los alumnos asisten al establecimiento de lunes a viernes, aproximadamente 8 horas diarias. Debido a esto, se cuenta con un comedor propio para brindar el servicio de alimentación a los alumnos, a los docentes y al personal administrativo. Para la elaboración de los alimentos, la cocina de la escuela se abastece de GLP (Gas licuado de Petróleo).

3.1. Descripción de la actividad del establecimiento

Los alumnos, como parte de su formación agraria, desarrollan tareas de huerta y cría de animales de granja.

En cuanto a la agricultura, las actividades que se realizan consisten en la preparación del suelo. Esto se realiza con el objetivo de dejarlo apto para cultivar, plantar y mantener la siembra según requiera la misma. Finalmente se lleva a cabo la actividad de cosecha y recolección de la producción. En el establecimiento se cuenta con aproximadamente 1800 m² destinados a la actividad de huerta, donde se siembra lechuga, acelga, alcaucil, repollos, espinaca, puerro, perejil, apio, zanahoria, tomate, berenjena, morrón, choclo y zapallo.

En cuanto a ganadería y cría de animales de granja, la institución dispone de los animales que se presentan en la Tabla 6. Los alumnos suministran la ración diaria de alimento, realizan el seguimiento de plan sanitario y la limpieza e higiene de los espacios, recolectando y eliminando las heces y los residuos de comida. También participan en tareas tales como la castración, señalización y esquila, entre otras (Comunicación Personal con el Director de la escuela seleccionada como caso de estudio, 13 de agosto de 2019).

Tipo de Animal	Cantidad
Cerdos	10
Pollos	100
Conejos	20

Tabla 6: Cantidad de animales por tipo de la Escuela visitada
Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Cuantificación y descripción de los desechos generados

Los desechos generados por el establecimiento, que pueden utilizarse como materia prima para este proyecto son los del tipo orgánico. Los residuos orgánicos están compuestos por materias derivadas de vegetales, animales y comestibles, los cuales se descomponen con facilidad y vuelven a la tierra. Estos residuos son biodegradables, es decir, tienen la capacidad de fermentar y ocasionar procesos de descomposición.

Los desechos de origen animal son todas las sustancias orgánicas que proceden de la crianza y/o faena de animales, entre éstas se encuentran los excrementos y la orina. Estos desechos pueden ser fuente de bacterias y nitratos, que son contaminantes del agua potable y causantes de enfermedades al ser humano. Por este motivo, su tratamiento genera una doble ventaja, por un lado la generación de biogás y por otro la disminución de la contaminación.

Los desechos de origen vegetal son aquellos que provienen de la cosecha, están formados por los órganos aéreos y subterráneos de las plantas. La cantidad de éste residuo que se genera depende de las condiciones del suelo, clima, potencial productivo de las especies cultivadas y fracción cosechada (Vera, Reyes, Jaramillo y Soriano, 2014).

Teniendo en cuenta el número de animales presentes en el establecimiento, se puede realizar una aproximación de la cantidad de desechos que éstos generan; los resultados de la estimación se presentan en la Tabla 7.

Tipo de Animal	Cantidad diaria de estiércol generado por animal (kg)	Cantidad diaria total de estiércol generada (kg)
Cerdos	4	40
Conejos	0.35	7
Pollos	0.18	18
TOTAL		65

Tabla 7: Cantidad de estiércol generado por día en la Escuela visitada
Fuente: Varnero, 2011

Por otro lado, haciendo referencia a los desechos de origen vegetal, teniendo en cuenta los 1800 m² de huerta, se puede considerar que se generan aproximadamente 200

kg de residuos orgánicos de origen vegetal por semana (Comunicación Personal con el Director de la escuela seleccionada como caso de estudio, 13 de agosto de 2019).

Sumando esto, se obtienen en total 655 kg de residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como animal, semanalmente.

3.1.2. Manejo actual de los residuos

Actualmente, en las escuelas agrarias de la Provincia de Buenos Aires, como en la sociedad en general, no se le da importancia al tratamiento de los residuos orgánicos que generan y, en consecuencia, las instituciones no cuentan con un plan para su tratamiento y/o valorización. Esto se debe a que por un lado, existe una falta de conocimiento del posible aprovechamiento de estos residuos y, por otro, por la falta de compromiso para con el medio ambiente (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016).

La institución visitada no cuenta con un sistema de tratamiento de los residuos, de manera tal de reutilizarlos o desecharlos de manera correcta. Los desechos generados por los animales simplemente son dispuestos en el suelo, lo que provoca contaminación, suciedad y genera un ambiente propicio para contraer enfermedades. Aproximadamente el 25% de los residuos generados se utilizan para alimentar lombrices (Comunicación Personal con el Director de la escuela seleccionada como caso de estudio, 13 de agosto de 2019).

Por otra parte, los residuos orgánicos de origen vegetal no son aprovechados y, en su mayoría, son entregados a los agricultores que se encuentran en cercanía a la institución. Estos lo utilizan como biofertilizantes, con el objetivo de acondicionar la tierra que luego será utilizada para nuevos cultivos.

El tratamiento de los desechos generados se puede realizar con la implementación y utilización de un biodigestor.

En un proyecto del año 2014 llevado a cabo por el INTA de Oliveros, el cual tuvo como objetivo mostrar las etapas de construcción de un modelo de biodigestor en pequeña escala, se diseñó uno aplicable a la escala de residuos generado en la escuela rural N° 6253 General de San Martín en Villa Sol de Mayo en la provincia de Santa Fe. El mismo, hasta la actualidad aún se encuentra en funcionamiento y su diseño es el que se tomará como referencia para la aplicación en el presente proyecto por la simplicidad en su construcción y por la similitud de los desechos que se tratan en el mismo (INTA, 2014).

3.2. Análisis FODA del proyecto

Con el fin de justificar la causa de la elección de un biodigestor en el establecimiento, se realiza un análisis mediante el método FODA.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Realizando el análisis de los Factores Internos, los cuales están conformados por las Fortalezas y Debilidades, se pudieron identificar los siguientes:

- Fortalezas
 - a. Disponibilidad de espacio para la colocación del biodigestor.
 - b. Disponibilidad de Mano de Obra, tanto para la operación como para el mantenimiento del biodigestor.
 - c. Capacidad de construcción, debido a la facilidad de instalación del biodigestor.
 - d. Capacidad de generación de residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como de origen animal, para la alimentación del biodigestor.

- Debilidades
 - a. Falta de mano de obra capacitada para la operación.
 - b. Tiempo de puesta en marcha alto, hasta su funcionamiento normal.
 - c. Dificultad de financiación para la realización del proyecto.
 - d. Amplitud térmica de la zona.
 - e. Ausencia de tratamiento de los desechos generados actualmente.

Llevando a cabo el análisis de los Factores Externos, los cuales están conformados por las Oportunidades y Amenazas, se pudieron identificar los siguientes:

- Oportunidades
 - a. Obtención de biofertilizante sin depender en su mayoría de los fertilizantes industriales.
 - b. Favorece las condiciones del medio ambiente al no arrojarse metano a la atmósfera, ayudando de esta manera a mitigar el cambio climático.
 - c. Posibilidad de transferir los resultados de la experiencia a otros establecimientos.
 - d. Reducción de olores indeseables que afectan al establecimiento.
 - e. Obtención de biogás reduciendo parcialmente la dependencia del GLP utilizado actualmente, generando un ahorro monetario.
 - f. Mejora de las condiciones sanitarias del establecimiento.
 - g. Aumento del conocimiento en docentes y alumnos acerca de las Energías Renovables.

- Amenazas
 - a. Posibles emanaciones de gas metano al ambiente por pérdidas.
 - b. Falta de tecnología nacional adaptada para biogás.
 - c. Ausencia de una normativa legal específica para instalaciones relacionadas a la producción de biogás.

- d. Ausencia de financiamiento por parte del Estado, como incentivo a apostar a las Energías Renovables.

El objetivo de este tipo de análisis es el de verificar que la institución, conociendo sus factores positivos y sus factores negativos, igualmente pueda llevar a cabo este proyecto buscando aprovechar sus aspectos más favorables, mientras mitiga los adversos.

Una vez elaborada la Matriz FODA, que enlista cuáles son los factores internos y externos que influyen en el desempeño de una organización o institución, el siguiente paso es evaluar la situación interna de la institución, esto mediante la Matriz de Evaluación de los Factores Internos (MEFI).

En la Tabla 8 se puede observar la Evaluación de Factores internos.

MATRIZ EVALUACION DE FACTORES INTERNOS (MEFI)			
FACTORES INTERNOS	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
FORTALEZAS			
1. Disponibilidad de espacio para la colocación del biodigestor.	0.15	4	0.6
2. Disponibilidad de Mano de Obra, tanto para la Operación como para el Mantenimiento del biodigestor.	0.05	3	0.2
3. Capacidad de construcción, debido a la facilidad de instalación del biodigestor.	0.1	4	0.4
4. Capacidad de generación de residuos orgánicos, tanto de origen vegetal como de origen animal, para la alimentación del biodigestor.	0.25	4	1.0
			2.15
DEBILIDADES			
1. Falta de mano de obra capacitada para la operación.	0.1	2	0.2
2. Tiempo de puesta en marcha alto, hasta su funcionamiento normal.	0.05	1	0.05
3. Dificultad de financiación para la realización del proyecto.	0.1	2	0.2
4. Amplitud térmica de la zona.	0.05	1	0.05

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

5. Ausencia de tratamiento de los desechos generados actualmente.	0.15	2	0.3
			0.30
TOTAL	1.00		2.95

Tabla 8: Matriz de Evaluación de Factores Internos
Fuente: Elaboración Propia en base a Fred R. David, 1997

El resultado de la suma de la ponderación es 2.95, mayor al promedio (2.5). Más allá de que esto indica que se estaría maximizando las Fortalezas, pudiendo minimizar las Debilidades, David indica que es aún más importante la comparación entre la suma ponderada de todas las Fortalezas, en función de la suma ponderada de todas las Debilidades. Obteniéndose una suma de 2.15 para las Fortalezas y una suma de 0.80 para las Debilidades. Esto indica que las fuerzas internas en su conjunto, son favorables para la realización del proyecto.

Una vez elaboradas las matrices FODA y MEFI, el siguiente paso es realizar la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE).

En la Tabla 9 se puede observar la Evaluación de Factores Externos.

MATRIZ EVALUACION DE FACTORES EXTERNOS (MEFE)			
FACTORES EXTERNOS	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
OPORTUNIDADES			
1. Obtención de biofertilizante sin depender en su mayoría de los fertilizantes industriales.	0.15	4	0.6
2. Favorece las condiciones del medio ambiente al no arrojarse metano a la atmósfera, ayudando de esta manera a mitigar el cambio climático.	0.1	3	0.3
3. Posibilidad de transferir los resultados de la experiencia a otros establecimientos	0.07	3	0.21
4. Reducción de olores indeseables que afectan al establecimiento.	0.03	3	0.09
5. Obtención de biogás reduciendo parcialmente la dependencia del GLP utilizado actualmente, generando un ahorro monetario.	0.2	4	0.8

6. Mejora de las condiciones sanitarias del establecimiento.	0.05	2	0.1
7. Aumento del conocimiento en docentes y alumnos acerca de las Energías Renovables.	0.1	2	0.2
			2.3
AMENAZAS			
1. Posibles emanaciones de gas metano al ambiente por pérdidas.	0.05	3	0.15
2. Falta de tecnología nacional adaptada para biogás.	0.1	2	0.2
3. Ausencia de una normativa legal específica para instalaciones relacionadas a la producción de biogás.	0.15	2	0.3
4. Ausencia de financiamiento por parte del Estado, como incentivo a apostar a las Energías Renovables.	0.15	3	0.45
			1.1
TOTAL	1.00		3.4

Tabla 9: Matriz de Evaluación de Factores Externos
Fuente: Elaboración Propia en base a Fred R. David, 1997

Al igual que se realizó el análisis de los resultados de la tabla MEFI, se realizará con los resultados de la tabla MEFE. La ponderación total es de 3.4, mayor al promedio (2.5). A su vez la ponderación total de las Oportunidades es de 2.3 y el de las Amenazas es de 1.1. Esto indica que el ambiente externo es favorable para la realización del proyecto en cuestión.

Con el análisis realizado se puede concluir que tanto los factores externos como internos a la organización, son favorables para la instalación del biodigestor, siendo esta una buena alternativa para aprovechar la situación actual de la institución, dándole tratamiento a los desechos generados y de manera secundaria, suplir un porcentaje de la utilización de GLP en la institución.

3.3. Cantidad de Biogás generado y volumen del Digestor y Gasómetro

Dentro de las energías renovables, el biodigestor es el equipo que mejor se adecúa a una institución educativa, ya que es sencilla su utilización para gente no idónea. Además,

la utilización de este tipo de tecnología es un claro incentivo para optar por energías renovables y una fuente de capacitación inmejorable para los alumnos.

Se debe tener en cuenta que la operación del biodigestor quedará completamente bajo responsabilidad de los docentes y, dado que la operación estará a cargo de los alumnos, se selecciona un equipo de sencilla utilización, pero sin dejar de lado el estudio y conocimiento previo del mismo, ya que cualquier mala acción puede provocar riesgos tanto en el artefacto como en las personas que lo estén operando.

En función de la cantidad de desechos generada, y mediante un software facilitado por el Departamento de Producción Sustentable Pampeana del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en su sede de la ciudad de Mar del Plata, se puede calcular el volumen potencial de biogás generado diariamente, como así también definir el volumen recomendado del digestor y del gasómetro, según el volumen de biogás que se desarrollará; estos datos se presentan en la Tabla 10.

Dicho software, cuenta con una base de datos, en lo que respecta principalmente a los sustratos y la generación de biogás, proporcionada por la Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Cada uno de estos datos es constatado por ensayos locales, realizados en un banco de pruebas, que permiten por un lado verificar la veracidad de estos en una aplicación real y por otro lado permiten la realización de nuevos y más amplios análisis con el fin de aumentar y mejorar la información que se obtiene del software, como es el caso del dimensionamiento y gráficos de aclimatación de los biodigestores. Además, la base de datos es actualizada y modificada, en caso de ser necesario, cada vez que se realizan nuevos ensayos. Un extracto de la base de datos utilizada para el cálculo del biogás obtenido, se puede encontrar en el Anexo III.

.Producción Potencial de Biogás	3.7 m ³ /día
Volumen Digestor	10 m ³
Volumen Gasómetro	18 m ³

Tabla 10: Producción y medidas básicas del Biodigestor
Fuente: Elaboración Propia.

La construcción del digestor y del gasómetro contempla un coeficiente de seguridad con el objetivo de que garanticen que, bajo desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos, exista un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias.

El cálculo del Digestor se realiza teniendo en cuenta un factor de seguridad, el cual es igual a 1,2 (recomendado). Esto significa, que se sobredimensiona en un 20% su tamaño

(Comunicación Personal con Lucas Zubiaurre, Jefe del Departamento de Producción Sustentable Pampeana del INTI, 10 de agosto de 2019).

3.4. Elección y descripción del tipo de biodigestor.

El biodigestor según su complejidad y utilización será del tipo semicontinuo, más específicamente del tipo hindú con doble campana invertida y con el digestor y gasómetro separados, además de contar con un agitador mecánico (manual). Esto es debido a que, con un método de agitación por bomba, pueden romperse las uniones entre bacterias, lo que sería desfavorable para el proceso de digestión anaerobia. El tipo de biodigestor y sus características, se debe principalmente al tipo de desecho con los que se dispone, el tamaño y el espacio con el que cuentan los establecimientos. También, lo que se busca con la implementación de este tipo de biodigestor es suprimir la necesidad de montar un elemento adicional con el fin de comprimir el biogás generado, ya que por características de diseño la presión a la que se encuentra el biogás generado es correcta para ser transportada a través de una tubería directa a la hornalla o quemador del comedor del establecimiento (Comunicación Personal con Lucas Zubiaurre, Jefe del Departamento de Producción Sustentable Pampeana del INTI, 10 de agosto de 2019).

3.4.1. Partes del Biodigestor

El Biodigestor del tipo Hindú posee los siguientes elementos para su construcción (INTA, 2014).

- Reactor

El reactor es el dispositivo donde ocurre el proceso bioquímico de degradación de la materia orgánica. Los reactores de digestión pueden tener forma cilíndrica, cúbica, ovoide o rectangular, aunque la mayor parte de los tanques que se construyen en la actualidad son cilíndricos. Los digestores modernos tienen cubiertas, fijas o flotantes, cuya misión es impedir que escapen olores, conservar la temperatura, evitar la entrada de oxígeno y recoger el gas producido.

El reactor está compuesto por una cámara de carga, la toma de gas, el agitador y la descarga. Pueden estar contruidos de distintos materiales, desde una piscina cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE), concreto hasta acero inoxidable (INTA, 2014).

- Cámara de Carga

El sustrato generalmente se almacena en una cámara de carga antes de su ingreso. Dependiendo del digestor, ésta cámara deberá ser capaz de almacenar un volumen equivalente a dos días de carga. Estará provista de un sistema de alimentación de agua

para realizar las diluciones del material y algún mecanismo o instrumento de agitación para homogeneizar la carga.

- Agitador

Es una de las partes fundamentales del reactor, pues permite que se logre un mejor contacto entre el material a degradar y las bacterias existentes en el biodigestor, como también impedir que se formen las costras en la interfase líquido-gas. El agitador, debe permitir un movimiento homogéneo de la carga sin romper el equilibrio simbiótico entre las bacterias (INTA, 2014).

- Cámara de Descarga

Las características generales son similares a la cámara de carga. Se debe tener un recipiente para almacenar el biofertilizante que se obtiene como descarga, el cual luego es utilizado como abono.

- Gasómetro

El gasómetro es el dispositivo donde se almacena el gas producido en el biodigestor. Tiene como función principal la de equilibrar las fluctuaciones de generación, consumo y cambios de volumen producidos por variables externas, como por ejemplo la temperatura.

Además de almacenar el biogás, el gasómetro permite regular la presión del sistema, que queda definida por la fuerza que ejerce su peso y el área donde éste se apoya.

La forma de Gasómetro a implementar es el modelo “campana flotante”, que utiliza dos recipientes de diámetro distinto, de forma tal que uno pueda ser colocado dentro del otro. El biogás ingresa al tanque invertido y a medida que continúe la producción asciende.

Para poder obtener una buena presión de biogás, se debe contar con un contrapeso encima del gasómetro, permitiendo así aprovechar el biogás de manera continua (INTA, 2014).

- Filtro Sulfhídrico

El objetivo de éste accesorio es remover los gases compuestos por sulfuros que pueden existir en el biogás. La forma más sencilla de construirlos es con caños de PVC rellenos de virulana de acero. Es importante destacar que éste accesorio debe ser completamente aislado, ya que funciona como un reactor de lecho fijo, donde el gas se pone en contacto con el sustrato.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- Trampa de Agua

Es un accesorio de seguridad que cumple con dos objetivos: evitar una sobrepresión en el sistema y recolectar el vapor de agua condensado en la cañería del biogás. No contar con una trampa de agua puede generar roturas extremas en el biodigestor.

- Trampa de llama

Al igual que la trampa de agua, es un accesorio de seguridad que evita el retroceso del fuego hacia el gasómetro. Pueden colocarse válvulas de una sola vía o caños de PVC y accesorios de polipropileno (INTA, 2014).

En la Figura 9 se presenta un prototipo similar al biodigestor a emplear.

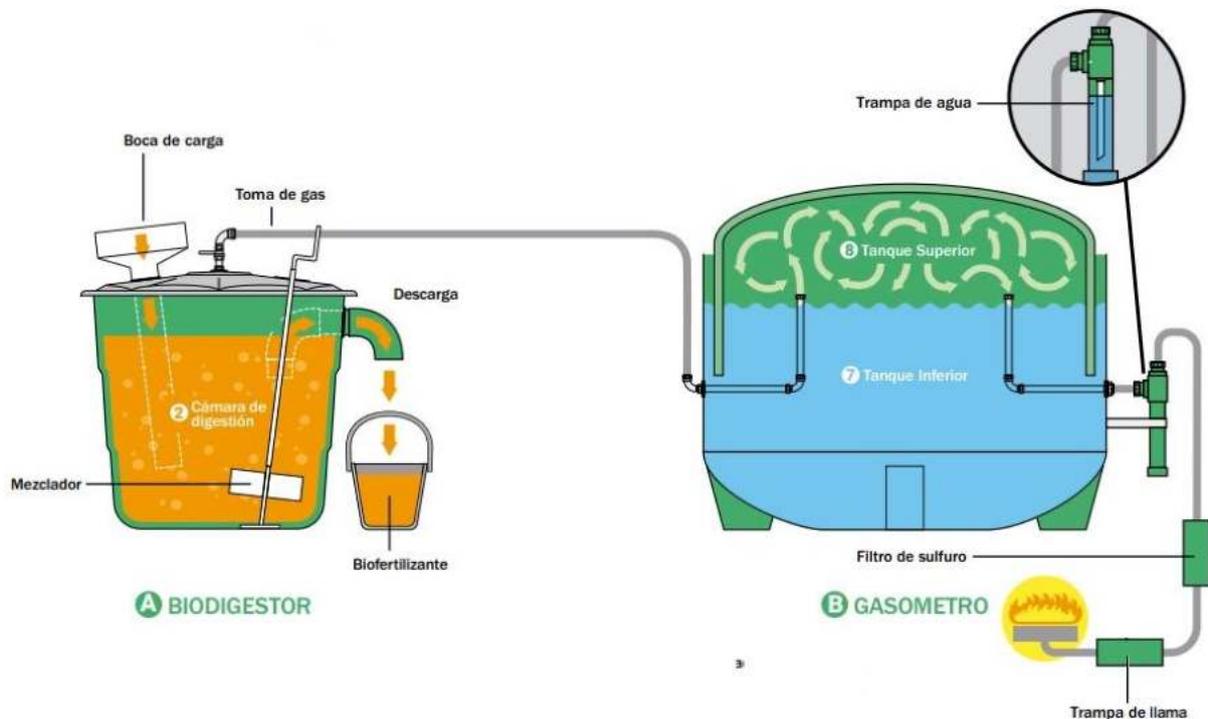


Figura 9: Imagen ilustrativa del biodigestor
Fuente: Indiveri, s.f

3.5. Demanda

Es uno de los factores claves, pero en nuestro caso, los demandantes del servicio proveniente de la implementación del proyecto es el propio establecimiento, por lo cual el mismo es nuestro “mercado de referencia”. Para determinar el tamaño hay que determinar la demanda energética del establecimiento.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

La institución cuenta con un tubo de GLP encargado de almacenar el gas necesario para abastecer la totalidad de la escuela. El mismo tiene una capacidad de 7m^3 , como se pueden ver a continuación en la Figura 10.

Según datos provistos por la institución, el tubo es recargado en promedio 2 veces por año, dando un consumo anual de 14m^3 de GLP.

Considerando dicho consumo anual y las propiedades químicas del GLP, que se observan en la Tabla 11, es posible determinar cuál es el consumo energético total de la institución en un año.



Figura 10: Tipos de tubos de GLP
Fuente: YPF, 2020

Poder Calorífico	10830 kcal/kg	
Densidad	535 kg/m^3	
Energía Total	5794050 kcal/m^3	24258 MJ/m^3

Tabla 11: Propiedades químicas del GLP
Fuente: Repsol, 2006

En consideración a la información de la Tabla 11, se obtiene un consumo total anual, de 339.612 MJ. Este consumo está compuesto por la energía utilizada como medio para la calefacción de diferentes salas y la energía utilizada en la cocina para la preparación de las comidas diarias, tanto para alumnos como para los docentes y no docentes como así también de viandas. Se estima que entre un 40 y un 45% de la energía es destinada a la primera actividad y entre un 55 y un 60% a la segunda.

3.6. Análisis de la viabilidad económica y financiera del proyecto

La evaluación de la viabilidad del proyecto tiene por objetivo determinar la viabilidad económica e identificar y cuantificar las fuentes de financiamiento para definir la mejor combinación de recursos para el proyecto.

La evaluación económica de la rentabilidad que se aplica en el análisis de la factibilidad de proyectos contempla la aplicación de un método dinámico de rentabilidad. Los métodos dinámicos de evaluación económica se basan en la consideración de que el valor del dinero en el tiempo es diferente. Cuando se habla del valor del dinero en el tiempo, es posible pensar en el valor futuro de una cifra disponible en el presente, o en el valor que tendría en el presente una cifra disponible en el futuro.

En la evaluación de proyectos que no tienen como finalidad una actividad de producción y comercialización de bienes o servicios, con un objetivo de rentabilidad, sino que tienen un fin más social, como en este caso, realizar una inversión para aprovechar un residuo existente para generar energía, lo que les permite cuidar el ambiente y a la vez reducir el consumo de fuentes no renovables de energía, pero no comercializar y obtener un rédito por la actividad, se aplica una evaluación del proyecto basada en costo – beneficio.

En este sentido, el costo se evalúa como los costos directos e indirectos de inversión para el diseño, construcción e instalación del biodigestor.

Por otra parte, el beneficio estará dado por el ahorro que la institución logra con la utilización del biodigestor como fuente de generación de biogás para la sustitución del uso de GLP. También podrían adicionarse otros factores, si los hubiera, como el tratamiento actual de los residuos para su disposición final, hecho que no aplica al caso en estudio.

En cuanto a la duración de la inversión, es difícil a priori determinar la duración económica de la inversión, ya que ésta depende de factores no siempre controlables. La duración de una inversión en un bien durable depende de la calidad del bien, los cuidados, las condiciones de uso y los avances tecnológicos, entre otros aspectos. Por lo tanto, la duración se determina en forma arbitraria. En general se recomienda tomar períodos entre 5 y 15 años, ya que en duraciones menores podría suceder que la acumulación de beneficio para ese período no alcance a compensar la inversión inicial, y en duraciones mayores, la inversión se transforme en obsoleta.

3.6.1. Costos Directos e Indirectos.

En la Tabla 12 se presenta el listado de materiales para la construcción del biodigestor con sus respectivos precios.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Materiales	Donde se utiliza	Cantidad	Costo unitario en Dólares	Costo total en Dólares
Tanque plástico tricapa 10 mil Lts (Waterplast)	Reactor	1	318,18	318,18
Tanque bicapa 10 mil Lts (Rotoplast)	Gasómetro	2	211,19	422,38
TE, reducciones y accesorios PP para guías	Gasómetro	4	1,20	4,82
Caño galvanizado de 1/2"	Gasómetro	4	4,95	19,82
Cemento (bolsas 50 kg) y arena	Gasómetro	1	11,36	11,36
Cruz 1/2" PP para guías	Gasómetro	1	1,93	1,93
Omegas para fijación de guías en gasómetro	Gasómetro	4	0,68	2,73
Tornillos y tarugos para fijación de omegas	Gasómetro	8	0,45	3,64
caño polipropileno de 1/2" por metros	Gasómetro	4	7,95	31,82
caño PVC 160mm, serie fecal en metros	Ingreso residuos/egreso efluente	4	8,77	35,09
Bridas de PVC en 160 mm	Ingreso residuos/egreso efluente	2	28,64	57,27
Goma elástica usada de auto	Ingreso residuos/egreso efluente	2	2,27	4,55
Curva OVC 45° 160 mm M -H	Ingreso residuos/egreso efluente	2	22,27	44,55
Bulones 3/4 x 2.1/2 USS BH por tn	Ingreso residuos/egreso efluente	0,16	151,36	24,22
Buje reducción 160 mm a 200 mm en PVC	Ingreso residuos/egreso efluente	1	8,64	8,64
Bulones para sellado de Tapa	Sellado de tapa	8	0,45	3,64
1 m2 de Nylon blanco para sellado	Sellado de tapa	1	3,41	3,41
Brida PP 1/2" con arandela de goma y rosca	Cañería de gas a gasómetro	2	1,14	2,27
Codo polipropileno de 1/2" H-H	Cañería de gas a gasómetro	1	0,34	0,34
Caño polipropileno de 1/2" por metros	Cañería de gas a gasómetro	5	0,68	3,41

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Llave esférica 1/2" en polipropileno	Cañería de gas a gasómetro	1	3,41	3,41
TE 1/2" en polipropileno	Cañería de gas a gasómetro	2	0,36	0,73
Conector recto p/ manguera c/ rosca 1/2" M	Cañería de gas a gasómetro	3	0,45	1,36
Unión doble H-H 1/2" en polipropileno	Cañería de gas a gasómetro	1	1,14	1,14
Manguera plástica cristal en metros	Cañería de gas a gasómetro	4	2,27	9,09
Brida PP 1/2" con arandela de goma y rosca	Agitador	1	1,59	1,59
Caño polipropileno 1" en metros	Agitador	2	2,27	4,55
Cupla H-H en polipropileno 1"	Agitador	1	0,45	0,45
Rodamiento axial COD SKF 51106	Agitador	1	5,91	5,91
Caño galvanizado de 1/2"	Agitador	3	4,95	14,86
Codo 90° EPOXI de 1/2" H-H	Agitador	1	1,14	1,14
Cruz EPOXI de 1/2"	Agitador	1	6,41	6,41
Cupla EPOXI de 1"	Agitador	1	0,77	0,77
Caño propileno 3/4" en metros	Agitador	4	1,43	5,73
Chapa AISI 340, en metros cuadrados	Agitador	0,1	40,91	4,09
TE 3/4" EPOXI	Agitador	1	4,86	4,86
Cupla polipropileno H-H 3/4"	Agitador	2	0,34	0,68
Buje de reducción de 1" a 3/4"	Agitador	2	0,45	0,91
TE 1/2" en polipropileno	Trampa de agua	1	0,36	0,36
caño PVC 160mm, serie fecal en metros	Trampa de agua	0,4	5,27	2,11
Caño polipropileno 1/2" en metros	Trampa de agua	0,4	8,77	3,51
Tapas para caño de PVC 160 mm	Trampa de agua	2	4,59	9,18
Conector recto p/ manguera c/ rosca 1/2" M	Trampa de agua	2	0,45	0,91
Caño PVC 110 mm serie fecal, en metros	Filtro Sulfhídrico	0,5	5,59	2,80
Brida PP 1/2" con arandela de goma y rosca	Filtro Sulfhídrico	2	1,14	2,27
Tapas para caño de PVC 110 mm	Filtro Sulfhídrico	2	4,59	9,18
Viruta de hierro sin oxidar	Filtro Sulfhídrico	1	6,82	6,82
Cupla polipropileno H-H 1/2"	Filtro Sulfhídrico	2	0,45	0,91
Unión doble H-H 1/2" en polipropileno	Filtro Sulfhídrico	2	1,14	2,27

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Caño PVC 160 mm diámetro, serie fecal, en metros	Trampa de llama	0,18	8,77	1,58
Brida PP 1/2" con arandela de goma y rosca	Trampa de llama	2	1,14	2,27
Codo polipropileno de 1/2" H-H	Trampa de llama	2	0,34	0,68
Conector recto p/ manguera c/ rosca 1/2" M	Trampa de llama	2	0,45	0,91
Caño polipropileno en 1/2" en metros	Trampa de llama	0,05	7,95	0,40
Llave esférica 1/2" en polipropileno	Cañería de gas a quemador	1	3,41	3,41
Conector recto p/ manguera c/ rosca 1/2" M	Cañería de gas a quemador	1	0,45	0,45
Codo propileno de 1/2" H-H	Cañería de gas a quemador	2	0,34	0,68
Válvula de una sola vía	Cañería de gas a quemador	1	4,09	4,09
Codo 1/2" EPOXI	Cañería de gas a quemador	5	1,14	5,68
Niple 1/2" x 15 cm EPOXI	Cañería de gas a quemador	2	2,11	4,23
Llave de paso para artefacto de gas	Cañería de gas a quemador	1	4,14	4,14
Manguera negra 1/2" por metros	Cañería de gas a quemador	30	21,14	634,09
Conector recto p/ manguera c/ rosca 1/2" M	Cañería de gas a quemador	2	0,45	0,91
Unión doble H-H 1/2" en polipropileno	Cañería de gas a quemador	2	1,14	2,27
Omegas para fijación de caño de PVC a pared	Cañería de gas a quemador	2	1,77	3,55
Caño PVC 63 mm serie fecal	Cañería de gas a quemador	8	4,43	35,45
Mechero de mesada con 1 mechero	Quemador	1	109,55	109,55
Cemento (bolsas 50 kg)	Obra Civil	6	10,23	61,36
Arena (x m ³)	Obra Civil	0,5	16,82	8,41
Piedra (x m ³)	Obra Civil	0,25	81,82	20,45
Ladrillos (x unidad)	Obra Civil	100	0,20	20,45
TOTAL			1.186,10	2.037,08

Tabla 12: Costos biodigestor
Fuente: INTA, 2014

3.7. Estudio de la factibilidad del Proyecto.

La producción de biogás es de 3,7 m³/día, lo que significa una generación de 79 MJ. Además, se sabe que el consumo diario actual de la institución, entre calefacción y cocina, ronda los 0,04242 m³ de GLP (considerando un total de 330 días al año), lo que significa un gasto energético de 1030 MJ diarios. Se puede estimar que con la utilización del biodigestor se logra suplir aproximadamente un 7,69% del consumo total del establecimiento.

Por otro lado, si sólo se analiza la cantidad de energía que requiere la cocina de la institución, siendo el aspecto más importante a suplir, la generación de biogás logra abastecer en un 12,8% la demanda diaria, considerando que ésta absorbe un 60% del consumo total.

Ahora bien, una vez calculado el porcentaje del consumo que se puede suplir con este proyecto, se analiza cuál es la factibilidad del mismo, en función del ahorro económico, inversión y tiempo en el cual ésta sería recuperada.

- Precio kg GLP: 1,05 US\$
- Gasto por cada recarga: 3360 usd (cada 6 meses)
- Ahorro anual: 516,8 US\$ (sabiendo que suplimos el 7,69% del consumo total)
- Inversión: 2.037,09 US\$

Vale la pena aclarar que el costo de mantenimiento y operación del biodigestor no se tiene en cuenta, esto es debido principalmente a que estas tareas son efectuadas por el personal de la institución y sus alumnos.

Tomando en consideración una vida útil del proyecto de 7 años, y computando los ahorros en ese período, puede observarse en la Tabla 13 y en la Figura 11 que la inversión se recuperaría luego del cuarto año de operación del biodigestor. Los años adicionales de operación, por encima del tiempo de recuperación del capital invertido, es un factor positivo de evaluación considerando que el período útil puede ser mayor a los 7 años.

De los años de vida útil estimados, se considera que sólo el primer año no cuenta con un 100% de capacidad. Esto se debe al tiempo que lleva la puesta en marcha, capacitaciones y período hasta que todos los procesos son llevados a cabo eficientemente. En el primer año se considera una capacidad del 70% y luego, en los próximos 6 años ya se cuenta con la capacidad máxima de producción de biogás.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Por otra parte, para poder corroborar la factibilidad del proyecto, se procede a calcular el Valor Anual Neto (VAN) con los flujos de caja de todos los años y la inversión inicial.

Año	Inversion	Ahorro	Diferencia
0	-2037,09	0	-2037,09
1		361,704	-1675,386
2		516,72	-1158,666
3		516,72	-641,946
4		516,72	-125,226
5		516,72	391,494
6		516,72	908,214
7		516,72	1424,934

Tabla 13: Inversión y ahorro anual en US\$
Fuente: Elaboración propia

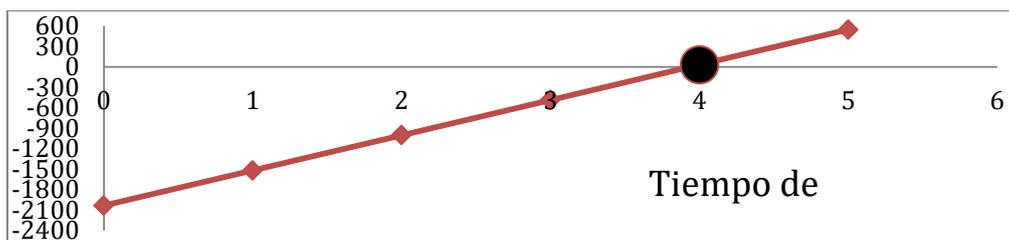


Figura 11: Tiempo de repago
Fuente: Elaboración propia

El resultado del VAN se obtiene según la ecuación 2.

$$\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} = \frac{361,7}{(1+0,1)^1} + \frac{516,72}{(1+0,1)^2} + \frac{516,72}{(1+0,1)^3} + \frac{516,72}{(1+0,1)^4} + \frac{516,72}{(1+0,1)^5} + \frac{516,72}{(1+0,1)^6} + \frac{516,72}{(1+0,1)^7} = 2374,68 \quad (2)$$

Teniendo en cuenta la vida útil estimada del proyecto, el ahorro y la inversión inicial, la relación Beneficio (VAN del Ahorro)/Costo (Inversión) es la siguiente:

$$\frac{2.375}{2.037} > 1 \quad (3)$$

El resultado, mayor a la unidad, indica que es factible llevar a cabo el proyecto para la institución desde el marco económico.

3.8. Manual de uso y mantenimiento para el biodigestor.

3.8.1. Uso del biodigestor

Para que el funcionamiento del equipamiento instalado sea de acuerdo a lo previsto y se puedan obtener los resultados tal y como se espera, es necesario realizar correctamente tanto la operación como el mantenimiento del biodigestor.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Para que el mantenimiento se realice en forma apropiada, se desarrolla un manual de uso y mantenimiento siguiendo las recomendaciones del Instituto de Energía (IDE), dependiente de la Secretaría de Desarrollo Institucional (SDI), de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO). En este se pueden encontrar directivas de carácter obligatorio, como así también sugerencias para mejorar su funcionalidad y alargar su vida útil.

Como primera medida, se debe tener en cuenta que el biodigestor será operado por alumnos y docentes, que son personas que no son especialistas en el manejo de este tipo de instalaciones, por lo que se debe dejar muy en claro cuáles son las tareas a realizar y la manera en que debe mantenerse para que no surjan incidentes.

En cuanto a la operación del biodigestor, existen ciertos parámetros que permiten lograr una provisión de gas constante y un adecuado tratamiento de los residuos. Uno de estos parámetros a analizar y controlar, es el tamaño de los residuos que se disponen en el biodigestor, ya que esto modifica el tiempo de descomposición de los mismos. Para esto, se recomienda triturar los desechos, previo a ingresarlos al equipo, como es el caso de los desechos orgánicos de origen vegetal, que requieren de dicho tratamiento antes de ser ingresados al biodigestor. Por otro lado, se debe tener en cuenta que los desechos de origen animal, no requieren ningún tipo de tratamiento previo.

Los residuos, para poder descomponerse correctamente y así generar el gas metano necesario para la obtención del biogás, deben mezclarse con una cantidad específica de agua (cantidad ya tenida en cuenta en los cálculos de biogás obtenido). Como el proceso requiere del ingreso de agua al biodigestor, también se cuenta con un egreso de la misma. Ésta se almacenará en el balde o depósito de descarga y luego se utilizará como abono junto con el resto de los desechos despedidos por el equipo. En el caso que durante la carga del biodigestor se genere un tapón con el residuo, éste puede removerse fácilmente utilizando cualquier elemento para empujar el residuo que quedó retenido, y así liberar la zona de carga.

Cada vez que se carga el biodigestor, la mezcla entre el agua y el residuo debe unirse para beneficiar el proceso de descomposición. La agitación permite que mejore el contacto entre el sustrato cargado y las bacterias, por lo que se recomienda una agitación lenta (agitación del tipo manual) y constante en el tiempo (mayor tiempo posible) durante la carga.

Para comenzar a operar el biodigestor, debe llevarse a cabo la aclimatación de la mezcla. Este proceso se basa en la alimentación gradual del biodigestor, teniendo en cuenta que las bacterias deben adaptarse a los nuevos residuos a descomponer, basándose en la tabla de aclimatación que se presentará como Tabla 15. Este proceso se debe llevar a cabo

cuando se modifique el residuo a ingresar al biodigestor. El cambio del residuo a descomponer en el biodigestor no puede ser repentino ya que puede detener la producción de metano debido a la acidificación dentro del gasómetro.

En este proyecto, la modificación del residuo no se lleva a cabo, debido a que el sustrato para alimentar el biodigestor es siempre el mismo, el cual se tratará de la combinación de residuo animal y vegetal en la misma proporción. Esto se puede asegurar, ya que las cantidades de residuos de cada una de estas características generadas en la institución, es constante.

Por lo tanto, la aclimatación solo se llevará a cabo en el momento de puesta en marcha del biodigestor y de la forma en que se explicará a continuación.

Inicialmente se debe adicionar 5% de la mezcla agua/sustrato final (o sea 231 kg de sustrato y 216 l de agua) y aumentar esta proporción un 2.5% (115.5 kg de sustrato y 108 l de agua), cada día hasta el día número 19. Es decir que dicho día se obtendrá una mezcla del 50% de sustrato final.

Este porcentaje de alimentación se mantiene una semana (hasta el día 26 inclusive), para aclimatar las bacterias metanogénicas. Pasada esta fase de aclimatación se deberá adicionar un 5% de mezcla cada día hasta llegar a agregar el 80% de la carga total (día 38), y se volverá a conservar esta proporción de alimentación durante otra semana. Luego se aumentará 5% cada día hasta completar el 100% de la mezcla de alimentación. En este caso será de 4620 kg de sustrato y 4320 l de agua.

Teniendo en cuenta que la cantidad de sustrato generada por la institución es de aproximadamente 77 kg diarios, para el comienzo de la puesta en marcha y aclimatación del biodigestor, existirá escasez de sustrato. Esto puede solucionarse de dos maneras, una de éstas, puede ser la recolección y almacenamiento de sustrato previo al inicio de la operación. Por otra parte, la otra solución puede ser el abastecimiento de este faltante con la ayuda de las huertas o campos aledaños a la institución.

Cabe mencionar que este desabastecimiento solo se sufrirá a lo largo de los primeros 19 días de aclimatación, ya que transcurridos estos días se dispone de una semana en la cual el equipo no debe ser alimentado, permitiendo almacenar este sustrato para el faltante de los días posteriores. Una vez el biodigestor esté en niveles normales de operación, la alimentación solo se llevará a cabo con el sustrato generado por el establecimiento.

En la Tabla 14 se puede observar el faltante y sobrante de sustrato durante las semanas de puesta en marcha. Como puede observarse, el acumulado durante las semanas de cese es suficiente para suplir el faltante de los días posteriores

Producción Sustrato diario	77
Sustrato requerido día 2 al 60 excepto días de cese (kg)	115.5
Faltante por día, del 2 al 60 excepto días de cese (kg)	38.5
Acumulado día 20 al 26 kg (77 kg por día)	539
Faltante día 27 al 38 kg (38,5 kg por día)	462
Acumulado día 39 al 45 kg (77 kg por día)	539
Faltante día 46 al 53 kg (38,5 kg por día)	308

Tabla 14: Sustrato diario
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 15, se puede ver detallado, día a día la cantidad de sustrato y agua que debe añadirse y el nivel total de carga que posee el biodigestor a medida que avanzan las semanas.

Día	% Carga total	Sustrato (kg)	Agua (L)	Adición de Sustrato (kg)	Adición de agua (L)
1	5%	231	216	231	216
2	7.50%	346.5	324	115.5	108
3	10%	462	432	115.5	108
4	12.50%	577.5	540	115.5	108
5	15%	693	648	115.5	108
6	17.50%	808.5	756	115.5	108
7	20%	924	864	115.5	108
8	22.50%	1039.5	972	115.5	108
9	25%	1155	1080	115.5	108
10	27.50%	1270.5	1188	115.5	108
11	30%	1386	1296	115.5	108
12	32.50%	1501.5	1404	115.5	108
13	35%	1617	1512	115.5	108
14	37.50%	1732.5	1620	115.5	108
15	40%	1848	1728	115.5	108
16	42.50%	1963.5	1836	115.5	108
17	45%	2079	1944	115.5	108
18	47.50%	2194.5	2052	115.5	108
19	50%	2310	2160	115.5	108
20	50%	2310	2160	0	0
21	50%	2310	2160	0	0
22	50%	2310	2160	0	0
23	50%	2310	2160	0	0
24	50%	2310	2160	0	0

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

25	50%	2310	2160	0	0
26	50%	2310	2160	0	0
27	52.50%	2425.5	2268	115.5	108
28	55%	2541	2376	115.5	108
29	57.50%	2656.5	2484	115.5	108
30	60%	2772	2592	115.5	108
31	62.50%	2887.5	2700	115.5	108
32	65%	3003	2808	115.5	108
33	67.50%	3118.5	2916	115.5	108
34	70%	3234	3024	115.5	108
35	72.50%	3349.5	3132	115.5	108
36	75%	3465	3240	115.5	108
37	77.50%	3580.5	3348	115.5	108
38	80%	3696	3456	115.5	108
39	80%	3696	3456	0	0
40	80%	3696	3456	0	0
41	80%	3696	3456	0	0
42	80%	3696	3456	0	0
43	80%	3696	3456	0	0
44	80%	3696	3456	0	0
45	80%	3696	3456	0	0
46	82.50%	3811.5	3564	115.5	108
47	85%	3927	3672	115.5	108
48	87.50%	4042.5	3780	115.5	108
49	90%	4158	3888	115.5	108
50	92.50%	4273.5	3996	115.5	108
51	95%	4389	4104	115.5	108
52	97.50%	4504.5	4212	115.5	108
53	100%	4620	4320	115.5	108
54	100%	4620	4320	0	0
55	100%	4620	4320	0	0
56	100%	4620	4320	0	0
57	100%	4620	4320	0	0
58	100%	4620	4320	0	0
59	100%	4620	4320	0	0
60	100%	4620	4320	0	0
FIN DE PUESTA EN MARCHA, INICIO DE OPERACIÓN NORMAL					

Tabla 15: Aclimatación
Fuente: Elaboración Propia

Se puede notar que las cargas a realizar cada día, no es posible realizarlas de una sola vez o para esto se requeriría de un gran trabajo y disponibilidad de maquinarias, es por

esto que la adición del sustrato y del agua se va realizando en forma paulatina siguiendo el cronograma indicado en la Tabla 16.

	CRONOGRAMA DE CARGA		
	Hora	Cantidad agua (kg)	Cantidad sustrato (kg)
Primer día del proceso de aclimatación	9:00	56	51
	10:00	40	45
	11:00	40	45
	12:00	40	45
	13:00	40	45
Días de carga durante el periodo de aclimatación	9:00	28	35.5
	10:00	20	20
	11:00	20	20
	12:00	20	20
	13:00	20	20
Días de carga durante el periodo de funcionamiento normal	9:00	12	17
	10:00	20	20
	11:00	20	20
	12:00	20	20

Tabla 16: Cronograma de Carga
Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de disponer de un seguimiento y control del proceso, se debe completar una de las filas de la Tabla IV. 8, situada en el Anexo, cada vez que una carga o descarga es realizada. La misma posee información acerca de la hora, día, volumen de carga y responsable que lleva a cabo la acción

3.8.1.1. Recomendaciones a la hora de operar el Biodigestor:

Existen factores que se deben tener en cuenta para que el funcionamiento del biodigestor no se vea afectado:

- No utilizar la primera generación de biogás al momento de poner en marcha el biodigestor, esto se debe a que esta cantidad de biogás generada inicialmente puede

contener niveles de O₂ no deseados, ya que al ser mezclado con metano es inflamable y un potencial explosivo.

- El nivel de agua en el contenedor debe mantenerse constante, por lo que se necesita controlar y rellenar en caso que sea necesario.
- Para la correcta acumulación de gas, las válvulas de paso deben estar abiertas permitiendo el buen paso del gas y evitando sobrepresiones que pueden generar pérdidas y deterioros de los elementos del biodigestor.
- Debe tenerse en cuenta la relación entre el biogás generado por día y el consumo, de tal manera que no se sobre alimente el equipo, pero que tampoco sufra un desabastecimiento.
- Evitar la sobrealimentación ya que esta puede producir paradas en la producción o disminución en el tiempo de retención del desecho lo que generaría que el proceso de fermentación no se complete, logrando así menor cantidad de biogás. Para que no se genere sobrealimentación, se debe respetar la cantidad de residuo diaria a aplicar, en base a la cual se calculó el volumen del digestor y el dimensionamiento de sus componentes.
- Evitar la reducción de la temperatura, esto se debe a que es uno de los factores que puede generar paradas en el proceso. Se produce debido a que las bacterias se inactivan con temperaturas menores a 10°C. Por este motivo, no es recomendable un proceso discontinuo, ya que en esa discontinuidad de proceso la temperatura generada por el propio biodigestor se puede perder. Parte del biogás generado por el biodigestor, se utiliza para calefaccionarse a sí mismo, se considera que aproximadamente un 20% de la energía generada es consumida por este factor. Vale la pena aclarar que siempre que se habla de biogás generado, se encuentra restado este porcentaje necesario para la calefacción.
- Evitar la presencia de metales pesados, antibióticos o detergente en los residuos con los que se alimenta al digestor, ya que estos puede inhibir e interrumpir el proceso de fermentación. Además de esto, se debe evitar una alta concentración de Nitrógeno y Amoniaco, los cuales pueden destruir las bacterias que permiten el principio de funcionamiento del biodigestor.

3.8.2. Mantenimiento

3.8.2.1. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento es una pieza clave al momento de tratar con equipos que constan de partes mecánicas y elementos de seguridad que requieren de un seguimiento. Esto se realiza con el objetivo de poder maximizar la eficiencia del biodigestor, disminuyendo al mínimo los tiempos en los que éste no esté en operación o en los cuales su funcionamiento se encuentra por debajo de lo que se espera.

Una de las maneras de llevar a cabo un plan de mantenimiento en un equipo, es indicando qué tipo de mantenimiento se le va a aplicar a cada una de las partes que lo componen, dependiendo la tarea que cumplan y sus características constructivas. En este proyecto los mantenimientos a llevar a cabo serán los explicitados en las secciones siguientes:

- Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de detectar las averías serán los propios usuarios del equipo, tanto los profesores como los alumnos, y el encargado de realizar las reparaciones será el personal de mantenimiento. Se pueden considerar dos tipos de mantenimiento correctivo, por un lado el de sustitución de elementos, y por el otro el de reparación propiamente dicha (Sacristan, 2001).

Dentro del primer tipo, en este proyecto, se contempla el cambio de o-rings, rodamiento del agitador, uniones te y en bujes de reducción.

Por otra parte, dentro del segundo tipo, se puede encontrar la reparación de grietas tanto en los tanques como en cañerías. Dependiendo la zona de rotura y la gravedad de la misma, el personal debe poder decidir si es necesario el vaciamiento total del tanque o si la reparación puede llevarse a cabo sin interrumpir el proceso de digestión.

Vale la pena aclarar que ambos tanques (digestor y gasómetro), presentan diferentes dificultades en caso de agrietamiento. Una grieta en el gasómetro, permitiría la fuga de gases muy nocivos para el personal, por lo que su detección temprana es de vital importancia para salvaguardar la salud de quienes operen el equipo. Por otro lado, una grieta en el digestor generaría el derrame de posibles contaminantes del suelo, lo que puede provocar cambios en sus características. Ambas consecuencias y sus impactos serán tratados en la sección 3.9 con mayor profundidad.

- Detectivo:

En el presente proyecto, los elementos en los que se aplica este tipo de mantenimiento es en las válvulas, su revisión se lleva a cabo con el objetivo de verificar su buen funcionamiento. Es de vital importancia, ya que una obturación o mal funcionamiento de la misma puede generar daños, tanto al mismo equipamiento como también a la persona que esté operando el biodigestor en ese preciso momento.

El mantenimiento detectivo, debe llevarse a cabo una vez cada dos semanas, considerando la cantidad de cargas que se realizan por día. Esta frecuencia puede sufrir modificaciones en los periodos de vaciado y limpieza de todo el equipamiento.

- Preventivo:

Consiste en un conjunto de operaciones que se realizan sobre los activos antes de que se haya producido una falla, y cuyo objetivo es evitar que se produzca dicho fallo o avería en pleno funcionamiento de la producción o del servicio que presta. Este tipo de mantenimiento incluye operaciones de inspección y de control programado, así como operaciones de cambios cíclicos de piezas, conjuntos o reconstrucción de elementos de forma sistemática (Sacristan, 2001).

En este caso, el mantenimiento preventivo consta del monitoreo diario de los parámetros de biodigestión, revisión del nivel del agua y estado de los conductos del gasómetro para llevar a cabo el control de fugas, lo que se recomienda realizar de dos a tres veces por semana.

Para revisar las posibles pérdidas de biogás se debe contar con presión en el sistema. En caso de no contar con biogás, la presión necesaria se logrará llenando el gasómetro con aire. Al ingresar aire al tanque, permite que la válvula de salida se cierre. Ahora bien, una vez que el gasómetro se encuentre con biogás o aire, se debe dar presión colocando un contrapeso. Luego, con una esponja y detergente como se mencionó anteriormente se analizarán posibles pérdidas en cañerías, gasómetro y biodigestor, en caso de que se encuentren fugas, éstas deberán sellarse nuevamente.

Además, se debe llevar a cabo la revisión de los conductos de entrada-salida del digestor, para verificar que se encuentren libres de obturaciones. En último lugar, debe realizarse el control del filtro de ácido sulfhídrico para asegurarse de que cumpla su función correctamente.

Por otra parte, es importante destacar que los operarios que se encargarán del mantenimiento y operación del biodigestor, realizarán una capacitación previa a comenzar

con su nueva tarea. En este caso lo realizará el personal de mantenimiento que ya trabajan en el establecimiento.

3.8.2.2. Historial del equipo

Con el fin de contar con un historial de mantenimiento para dar seguimiento al equipo, se desarrolla una tabla de carga de datos. La misma debe ser completada por aquella persona que realice una intervención tanto de mantenimiento programado, como de uno de tipo correctivo. Además de los datos del elemento que se arregló o sustituyó, la persona a cargo de la tarea de dicho mantenimiento, debe registrar el día, la hora y su firma. Esto es de vital importancia, ya que permite dejar de manifiesto la frecuencia con la que falla un elemento con el fin de poner atención en el mismo, y si es necesario, cambiar el tipo de mantenimiento que se le realiza.

En la Tabla 17 se presentan los datos que deben llenarse cada vez que se lleve a cabo una tarea de mantenimiento, cualquiera sea su característica. No deberán completarse todos los casilleros cada vez que se lleva a cabo una tarea, si no que se rellenarán aquellos que apliquen a la tarea de mantenimiento llevada a cabo. Por ejemplo, en caso de realizar una tarea de mantenimiento correctivo, se colocará una “X” en su respectivo casillero, se llenará el espacio de elemento/s reemplazado/s y en todo caso, el casillero de elemento/s reparado/s, ya que el casillero de elemento/s revisado/s forma parte del mantenimiento detectivo.

Fecha	Responsable	Tipo de Mantenimiento (marque con una X)			Elemento/s reemplazado/s (en caso de no ser aplicable, colocar N/A)	Elemento/s reparado/s (en caso de no ser aplicable, colocar N/A)	Elemento/s revisado/s (en caso de no ser aplicable, colocar N/A)	Observaciones (resuma la tarea realizada)
		Correctivo	Detectivo	Preventivo				

Tabla 17: Planilla de carga de Mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

3.8.2.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas

Por último, para un análisis más completo de lo que abarca el mantenimiento de este tipo de equipos, se realiza el análisis de las fallas potenciales que pueden presentarse a lo largo de la operación del biodigestor. Resulta de gran importancia no solamente estudiar la frecuencia en que estas suceden, sino también cuáles serían las acciones (en caso de existir) que se puedan llevar a cabo para prevenir consecuencias graves.

Debido a esto, resulta de vital importancia el desarrollo de un método que permita la identificación de las fallas y sus respectivos modos de falla, de manera tal que permitan ser analizados en profundidad, con el objetivo de eliminarlos o disminuir al mínimo sus consecuencias al resto del proceso. El método que permite identificar esto, es el basado en el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

En la Tabla 18 se puede observar el análisis descrito anteriormente, para el caso del proyecto. Es importante prestarle la atención que requiere el análisis, ya que al conocer cuáles son las fallas posibles, las políticas de mantenimiento a aplicar pueden ser aún más eficientes, pudiendo evitar grandes daños al equipo y/o establecimiento. Con esto, el estudio del mantenimiento del equipo está completo.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Elemento	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla	Consecuencia de Falla	Actividad Proactiva/ A Falta De
Reactor	Almacenar y aislar el sustrato y el agua del ambiente	No almacenar y aislar el sustrato y el agua del ambiente	Fisura o rajadura en el tanque contenedor por golpe con agitador, filtrado de raíces o corrosión del plástico	Se produce derrame de la mezcla de sustrato y agua, filtra al suelo y contamina napas. Si la fisura es de gran tamaño, antes debe ser evacuado todo su contenido. El tanque contenedor debe ser reparado y sellado en la rajadura que se produjo	Consecuencia ambiental y para la seguridad	No es posible prever esta situación ya que no se puede detectar con antelación teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Mantenimiento Correctivo.
Agitador	Permite la mezcla entre el sustrato y el agua, homogeneizándola, favoreciendo la biodegradación a través de un giro uniforme y constante	No mezclar correctamente sustrato y agua	Rotura de alguna de las paletas del agitador debido a un incorrecto uso del mismo	La mezcla deja de ser homogénea, no permitiendo una correcta biodegradación del sustrato. Esto genera una baja eficiencia en la generación de biogás. Debe repararse o sustituirse el agitador.	Consecuencia Operacional. La falla afecta a la producción	Realizar chequeos rutinarios acerca del estado de las paletas. En el caso de no ser acorde, realizar un cambio o reparación de la misma.
		No permitir la mezcla del sustrato y el agua en forma uniforme y constante	Desgaste del rodamiento	Luego de un tiempo prolongado de funcionamiento los rodamientos se desgastan por efecto del roce continuo, afectando la biodegradación. Se comienza a escuchar ruido y su giro no es uniforme. Se reemplazan de manera sencilla.	Consecuencia Operacional. La falla afecta a la producción	Es posible determinar la velocidad de desgaste de la pieza, por lo que un mantenimiento preventivo en intervalos menores a los intervalos de desgaste es una buena posibilidad y disminuye a grados aceptables el riesgo.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Cámara de Carga	Permite la contención de la carga del biodigestor, previo a la entrada al mismo	No contener el 100% del sustrato que se ingresa a la cámara de carga, para alimentar el biodigestor	Fisura o rajadura en la Cámara de carga por intentar alimentar el biodigestor con residuos no acorde a este tipo de tecnología	La cámara de carga pierde parte de su contenido y por lo tanto, se pierde mezcla, generando un derrame que filtra al suelo y contamina napas. La cámara de carga debe ser reparada y sellada la rajadura producida.	Consecuencia ambiental y para la seguridad	No es posible prever esta situación ya que no se puede detectar con antelación teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Mantenimiento Correctivo.
Ducto de carga	Permite el transporte inmediato de todo el sustrato y el agua, desde la cámara de carga al reactor. Permite que la carga sea constante, con el caudal necesario.	No permitir el transporte del sustrato y el agua desde la cámara de carga al reactor	Taponamiento del ducto de carga	No fluye la mezcla por lo que comienza a rebalsar la cámara de carga, dejando imposibilitado continuar con la carga del reactor. Se debe realizar un desatascamiento del ducto.	Consecuencia Operacional. La falla afecta a la producción	Realizar plan de limpieza para ductos y cámaras tanto de carga como de descarga a fin de evitar taponamientos.
Cámara de Descarga	Permite la contención de la descarga del biodigestor (biofertilizante), previo a la salida al mismo	No contener el 100% de los residuos del biodigestor	Rotura de la Cámara de descarga por sobrealimentación	La cámara de descarga pierde parte de su contenido, perdiéndose parte de biofertilizantes generados por el biodigestor. Se debe reparar la Cámara de descarga.	Consecuencia Operacional. La falla afecta a la producción	No es posible prever esta situación ya que no se puede detectar con antelación teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Mantenimiento Correctivo.
Gasómetro	Permite regular la presión del sistema y la contención del gas producido en el Biodigestor	No contener todo el gas producido por el biodigestor	Fisura o rajadura del Gasómetro debido a superficie inestable y/o peso colocado en su parte superior que pueda dañar la estructura	Se pierde el almacenamiento del gas generado, por lo que vuelve ineficiente e ineficaz la utilización del biodigestor. Se debe reparar el Gasómetro para volver a utilizar el equipo.	Consecuencia No Operacional	No es posible prever esta situación ya que no se puede detectar con antelación teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Mantenimiento Correctivo.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

		Genera sobrepresiones y/o depresiones en el gasómetro y ductos	Colocación de un peso inadecuado sobre el gasómetro, generando una presión distinta a la generada por el gas almacenado	La disponibilidad del gas generado deja de ser continua, generando burbujas de aire indeseadas en los ductos. Se debe colocar un peso acorde a la presión generada	Consecuencia por Falla Oculta	No es posible prever esta situación ya que es un accidente que no se puede anticipar teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Rediseño, incorporando un dispositivo que permita automáticamente detectar la presión interna y aplicar la equivalente en la parte superior.
Filtro Sulfhídrico	Permite filtrar el biogás removiendo los gases compuestos por sulfuros	No remover los gases compuestos por sulfuros del biogás	Taponamiento del filtro	Se comienza a enviar biogás con mayor cantidad de sulfuros a la establecida. El filtro se reemplaza fácilmente por uno nuevo.	Consecuencia por Falla Oculta	Se debe contar con un cronograma de limpieza de filtros, con una frecuencia mayor a la frecuencia de taponamiento de los filtros según sus características.
Trampa de Agua	Evita sobrepresión en el sistema y recolecta vapor condensado en la cañería	No recolectar el vapor condensado de la cañería	Taponamiento del orificio de alivio	Comienza a depositarse agua en el sistema, generando roturas en el equipo y en la cañería. Se debe limpiar el orificio de alivio	Consecuencia por Falla Oculta	Se debe contar con un cronograma de limpieza del orificio de alivio, con una frecuencia mayor a la frecuencia de taponamiento de este tipo de elementos
Trampa de llama	Evita el retroceso del fuego hacia el gasómetro, mediante la utilización de una válvula.	No evitar retroceso del Fuego	Válvula rota o pegada	El fuego retrocede hacia al Gasómetro, puede combustionar todo el gas allí depositado. Se debe reparar la trampa de llama, o en su defecto, reemplazar la válvula	Consecuencia por Falla Oculta	La válvula debe verificarse mediante un plan de mantenimiento, de manera tal que la falla sea prevista a tiempo, logrando que esta no suceda modificándose la pieza.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Cañería de transporte de biogás	Permite el transporte del biogás, desde su almacenamiento hasta la boca de expendio	No transporta el total del biogás generado	Fisura, rajadura o pérdida en los caños o uniones	Pérdida de biogás al medio ambiente, la cañería es fácil de reparar o sustituir por tramos en caso de ser necesario.	Consecuencia No Operacional	No es posible prever esta situación ya que no se puede detectar con antelación teniendo en cuenta las características del proyecto. Se realizará una acción "A Falta De", que será Mantenimiento Correctivo.
Válvula de Seguridad	Aliviar la presión dentro del biodigestor cuando la misma supere los valores normales de trabajo.	No aliviar la presión dentro del biodigestor cuando la misma supere los valores normales de trabajo.	Corrosión generada por el vapor de agua.	Al corroerse la válvula, puede quedarse pegada en su asiento, impidiendo su apertura en el caso de un exceso de presión y desencadenando una falla múltiple. Debe reemplazarse la válvula.	Consecuencia ambiental y para la seguridad	Es posible determinar la velocidad de corrosión de la pieza, por lo que un mantenimiento preventivo en intervalos menores a los intervalos de corrosión límite es una buena posibilidad y disminuye a grados aceptables el riesgo.

Tabla 18: Análisis de Modo y Efecto de Fallas
Fuente: Elaboración propia

3.8.3. Seguridad y salud

Se debe tener presente a la hora de poner en marcha el proyecto de dotar a todas aquellas personas que formen parte del mismo con suministros, equipos y los conocimientos básicos para la utilización de los equipos de protección personal en las diferentes etapas de puesta en marcha y operación del biodigestor. De esta manera se busca promover la ejecución de actividades en un ambiente de trabajo seguro.

Además, se deberían llevar a cabo jornadas de capacitación a todo el personal que opere el biodigestor y de esta manera lograr que ellos mismos puedan capacitar, en un futuro, a los alumnos de la institución. Esto se realiza con el objetivo de que toda la población de la institución, sea idónea para la operación del nuevo equipamiento instalado.

Tanto la utilización de los Elementos de Protección Personal (EPP), como la asistencia a las jornadas de capacitación deberán tener un carácter obligatorio para todo el personal de la institución.

3.8.3.1. Elementos de Protección Personal

En la Figura 12 se observa un ejemplo de los EPP con los que debe contar cualquier persona al momento de operar el biodigestor, en cualquiera de las etapas de funcionamiento (por ejemplo, carga y limpieza).



Figura 12: Elementos de Protección Personal
Fuente: Maciejczyk, 2017

A continuación, se detalla el equipo de protección personal necesario y la función que cumple cada uno de ellos:

- Protección contra la intemperie (ropa de trabajo): Ropa característica diaria para el personal que opere el biodigestor. Debe ser impermeable a químicos y agua contaminada.
- Calzado de Seguridad: Utilizado para evitar permeabilidad de químicos o aguas contaminadas, posibles caídas y otros riesgos. Sirve para la protección de pies y piernas.
- Guantes de Seguridad: Previene accidentes del tipo corto punzantes y posibles quemaduras. Protege manos y antebrazos.
- Máscara con filtro: Utilizado para proteger el sistema respiratorio de inhalar gases, polvos, humos o malos olores.
- Gafas de Seguridad: Utilizado para proteger el sentido de la vista, deben poseer cubiertas laterales, evitando cualquier tipo de contacto al ojo ya sea de gases, líquido o material particulado (Seguridad en Plantas de Biogás, 2017).

3.8.3.2. Capacitación

En cuanto a las jornadas de capacitación, se considera que se deberán llevar a cabo con el fin de dar conocimiento acerca del equipamiento con el que se dispone y cómo es su operación, logrando además informar cómo y cuándo se debe llevar a cabo el mantenimiento. Es de importancia que, a estas capacitaciones iniciales, asista principalmente el personal que luego quedará a cargo de la operación, dirección y organización diaria de la manipulación del equipamiento.

Por otra parte, el responsable de la capacitación, indicará qué riesgos tiene consigo la operación del equipamiento, qué tipo de protección personal se debe utilizar y cuáles son las posibles acciones a realizarse en caso de accidentes.

Este tipo de capacitaciones deberán realizarse antes de poner en funcionamiento el equipamiento como así también a lo largo de todo un ciclo de operación, el cual está compuesto por la alimentación, operación y limpieza del biodigestor. La primera etapa de capacitaciones y charlas, estarán bajo la responsabilidad de expertos en este tipo de tecnologías. Una vez finalizado el primer ciclo, los responsables de capacitar a los alumnos serán los docentes que fueron previamente instruidos.

Además de esto, deben existir diariamente charlas sobre la planificación del día, con el objetivo de informar cada una de las tareas a realizarse.

3.9. Estudio del impacto ambiental

Se conoce como impacto ambiental a todo cambio, positivo o negativo, que se producirá en el ambiente como resultado de una acción llevada a cabo en la puesta en marcha e implementación de un proyecto. Este estudio ha permitido reconocer y dimensionar las características principales de cada uno de los factores ambientales, a través de la identificación de una modificación, positiva o negativa que se producirá sobre el ambiente como consecuencia directa o indirecta de las acciones del proyecto. Estas pueden afectar a la salud y la calidad de vida, además de alterar las características del suelo (Duarte, 2000).

3.9.1. Identificación y descripción de los factores e impactos ambientales:

Con el objetivo de estudiar los potenciales impactos ambientales que podrían producirse al llevar a cabo el proyecto, se ha desarrollado una matriz-causa efecto. Ésta se basa en el análisis de los factores ambientales que caracterizan el entorno, y las acciones en las distintas fases de puesta en marcha e implementación del mismo.

En la Tabla 19 se presenta las acciones en cada una de las etapas del proyecto donde se identifican los aspectos e impactos ambientales. Además, se le asigna una condición a cada uno de los impactos caracterizándose como:

- Normal (N): aquellos impactos que se generan en condiciones normales de funcionamiento.
- Anormal (A): aquellos impactos que se generan ante anomalías en el funcionamiento de biodigestor.
- Emergencia (E): aquellos impactos catastróficos que poseen baja probabilidad de suceso (MIDUVI, 2008).

Metodología de evaluación de impactos ambientales (MIDUVI, 2008):

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Etapa del proyecto	Acción	Aspecto		Impacto	Condición
CONSTRUCCIÓN	Excavación de la fosa	Atmosfera	1. Generación de material particulado	1.1 Contaminación del aire	N
			2. Generación de ruido	2.1 Molestias en los trabajadores y la comunidad	N
		Flora	3. Remoción de capas de suelo	3.1 Disminución o destrucción de la diversidad vegetal existente	N
		Fauna	4. Modificación del hábitat	4.1 Destrucción de hábitat de especies vegetales y animales.	N
			5. Remoción de capas de suelo y destrucción de vegetación existente	5.1 Disminución de la cría y alimentación de especies animales	N
		Recursos hídricos	6. Remoción de capas de suelo y destrucción de vegetación existente	6.1 Disminución de la infiltración por destrucción de la cubierta vegetal	A
		Suelos	7. Remoción de capas de suelo	7.1 Alteración de composición microbiológica de los suelos	N
				7.2 Disminución del contenido de nutrientes	A
				7.3 Alteración de la estructura del suelo	N
				7.4 Aumento del peligro de erosión	N
	Montaje del biodigestor	Atmosfera	8. Generación de ruido	8.1 Molestias en los trabajadores y la comunidad	N
		Recursos hídricos	9. Remoción de capas de suelo y destrucción de vegetación existente	9.1 Disminución de la infiltración por presencia del biodigestor	N

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

		Suelos	10. Modificación del suelo	10.1 Alteración de composición microbiológica de los suelos	N
				10.2 Disminución de la producción de nutrientes	A
	Construcción de la red de distribución de biogás	Atmosfera	11. Generación de ruido	11.1 Molestias en los trabajadores y la comunidad	N
OPERACIÓN	Biodigestión	Atmosfera	12. Generación de olores	12.1 Molestias en los trabajadores y la comunidad	N
		Recursos hídricos	13. Consumo de agua	13.1 Agotamiento del recurso	N
		Suelos	14. Posibilidad de derrames por roturas o sobrealimentación	14.1 Contaminación del suelo	A
	Almacenamiento del biogás	Atmosfera	15. Posibilidad de explosión	15.1 Molestias en los trabajadores, comunidad y especies animales	E
			16. Posibilidad de incendio	16.1 Contaminación del aire con gases de efecto invernadero	E
	Calefaccionamiento del biodigestor con biogás y el uso del mismo en el establecimiento	Atmosfera	17. Generación de humos	17.1 Contaminación del aire con gases de efecto invernadero	N
				17.2 Disminución de liberación de contaminantes en comparación con la utilización de combustibles fósiles	N
		Recursos energéticos	18. Consumo de biogás	18.1 Disminución del agotamiento del recurso de gas natural o combustibles fósiles, por disminución de su utilización como fuente de energía.	N

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Colocación de los desechos en el biodigestor	Atmosfera	19. Reducción de olores	19.1 Aumento del confort de los trabajadores, alumnos y vecinos por eliminación de emanación de olores desagradables	N
	Suelos	20. Reducción de desechos en suelos	20.1 Disminución de la contaminación	N
	Recursos hídricos	21. Reducción de desechos en suelos	21.1 Disminución de la contaminación de agua por infiltración	N
Limpieza y mantenimiento del biodigestor	Suelos	22. Derrames por roturas de envases de productos químicos	22.1 Contaminación del suelo	E
	Recursos hídricos	23. Derrames por roturas de envases de productos químicos	23.1 Contaminación del agua por infiltración	E
		24. Generación de efluentes contaminados con solventes de limpieza	24.1 Contaminación del agua por infiltración	A

Tabla 19: Matriz aspecto impacto

Fuente: Elaboración Propia

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

En la Tabla 20 se lleva a cabo la valoración de cada uno de los impactos, los mismos son evaluados mediante siete factores los cuales permiten la jerarquización de cada uno de éstos impactos anteriormente mencionados. Cada uno de los factores se encuentra detallado, junto con sus límites, en la Tabla 21.

Impacto	Signo	Plazo	Reversibilidad	Frecuencia	Gravedad	Probabilidad	Valoración
1.1	Negativo	2	2	2	2	1	16
2.1	Negativo	3	0,1	2	3	1	2
3.1	Negativo	5	8	2	1	3	240
4.1	Negativo	4	2	1	5	0,1	4
5.1	Negativo	3	0,1	0,1	5	2	0,3
6.1	Negativo	5	8	2	8	0,1	64
7.1	Negativo	5	5	1	4	0,1	10
7.2	Negativo	5	5	0,1	4	0,1	1
7.3	Negativo	5	5	0,1	5	0,1	1
7.4	Negativo	5	6	0,1	8	0,1	2
8.1	Negativo	1	0,1	2	3	0,5	0,3
9.1	Negativo	5	8	10	8	1	3.200
10.1	Negativo	5	5	1	4	0,1	10
10.2	Negativo	5	5	0,1	4	0,1	1
11.1	Negativo	1	0,1	2	3	0,5	0,3
12.1	Negativo	1	1	10	2	8	160
13.1	Negativo	2	9	7	7	2	1.764
14.1	Negativo	7	7	2	8	3	2.352
15.1	Negativo	1	0,1	0,1	4	1	0,04
16.1	Negativo	8	9	0,1	8	1	58
17.1	Negativo	3	8	8	2	9	3.456
17.2	Positivo	3	8	8	3	9	5.184
18.1	Positivo	3	8	8	5	9	8.640
19.1	Positivo	3	7	8	2	8	2.688
20.1	Positivo	3	7	8	5	8	6.720
21.1	Positivo	3	8	8	7	9	12.096
22.1	Negativo	2	3	1	6	3	108
23.1	Negativo	2	3	1	6	3	108

24.1	Negativo	2	3	1	6	6	216
------	----------	---	---	---	---	---	-----

Tabla 20: Valoración de Impactos.

Fuente: Elaboración Propia.

La valoración se obtiene a partir del producto del valor asignado a cada uno de los factores analizados según la ecuación (4), pudiéndose obtener un rango entre 0,001 y 100.000.

$$P \cdot R \cdot F \cdot G \cdot Pr = \text{Valoración} \quad (4)$$

Vale la pena aclarar que el factor Signo no se tiene en cuenta cuantitativamente en la valoración.

La valoración nos permite identificar los impactos que generen cambios relevantes en el ambiente, de esta manera, nos permitirá enfocar las acciones para prevenir, reducir o intensificar los cambios que estos generen en el mismo.

Referencia:

Factor	Límites		Rango	
	(+) positivo	(-) negativo		
Signo	(+) positivo	(-) negativo	N/A	N/A
Plazo	Corto	Largo	1	10
Reversibilidad	Reversible	Irreversible	0.1	10
Frecuencia	Inexistente	Continuo	0,1	10
Gravedad	Baja	Alta	1	10
Probabilidad	Imposible	Seguro	0.1	10

Tabla 21: Referencia para la Valoración

Fuente: García-Leyton, L.A, 2004

- Signo: Indica la característica del impacto.
 - Positivo: será el que mejore alguna característica del lugar o situación en particular, luego de aplicado el proyecto.
 - Negativo: aquel que luego de aplicado el proyecto empeore una característica del lugar o situación en particular.
- Plazo: Indica la duración temporal del impacto luego de que este proyecto deje de funcionar, teniendo en cuenta la magnitud y escala del mismo.
 - Corto plazo: impacto que luego de ser realizado, genere un cambio que permanezca durante menos de 1 mes (30 días).
 - Largo plazo: impacto que genere un cambio que permanezca por más de 2 años.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- **Reversibilidad:** Indica en qué nivel la variable analizada pueda retornar a su estado inicial, luego del cese del proyecto.
 - Reversible: impacto cuya trascendencia en el medio genera que las condiciones iniciales de cierta variable puedan recuperarse a lo largo del tiempo.
 - Irreversible: impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original.
- **Frecuencia:** Indica en qué nivel el impacto a analizar es repetido cotidianamente en el tiempo a lo largo de la puesta en marcha y funcionamiento del proyecto.
 - Inexistente: impacto que se observa de manera muy escasa (de entre una a cinco veces a lo largo de todo el proyecto).
 - Continuo: impacto que se puede observar a diario en la puesta en marcha y funcionamiento del proyecto.
- **Gravedad:** Indica la potencialidad del impacto de generar una modificación o repercusión de relevancia en el ambiente.
 - Baja: impacto cuya potencialidad no es relevante.
 - Alta: impacto cuya potencialidad es de alta relevancia.
- **Probabilidad:** Indica el nivel de certeza que se tiene sobre la ocurrencia o no de un impacto.
 - Imposible: impacto sobre el cual se tiene certeza que no puede ocurrir en la aplicación de este proyecto.
 - Seguro: impacto sobre el cual se tiene certeza que ocurrirá en la aplicación de este proyecto (García-Leyton, 2004).

En la Tabla 22 se seleccionan aquellos impactos, 3 negativos y 3 positivos, que poseen mayor valoración. Esto tiene como objetivo describirlos y, en caso de ser posible, dar recomendaciones para disminuir el impacto negativo o fortalecer el positivo al entorno del proyecto.

Signo	Valoración	Impacto	Observación
Positivo	12.096	21.1 Disminución de la contaminación de agua por infiltración	Debido al tratamiento de desechos al ser recogidos y colocados en el biodigestor. Anteriormente, en su mayoría, eran arrojados en sectores específicos sin la preparación requerida para estos fines, solo con el objetivo de no afectar el tránsito normal de las personas en la institución

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Positivo	8.640	18.1 Disminución del agotamiento del recurso de gas natural o combustibles fósiles, por disminución de su utilización como fuente de energía	Debido a la utilización del biodigestor como fuente de biogás, el cual permitirá reemplazar la utilización de GLP en la institución.
Positivo	6.720	20.1 Disminución de la contaminación	Debido a la reducción del volumen de desechos dispuestos sobre el suelo, generando una disminución en la contaminación superficial.
Negativo	3.456	17.1 Contaminación del aire con gases de efecto invernadero	Debido a la combustión del biogás generado para calefaccionar el biodigestor, vale la pena aclarar que la cantidad de estos GEI generados es igual o menor a la generada por la combustión del GLP actualmente utilizado y por la descomposición de los desechos a cielo abierto.
Negativo	3.200	9.1 Disminución de la infiltración por presencia del biodigestor	Debido a la tierra que se debe remover para la colocación del biodigestor, ocupando metros cuadrados que antes se encontraban con plantaciones, que permitían la infiltración del agua. Se recomienda generar nuevos espacios verdes (disponibles en la institución), para revertir esta problemática.
Negativo	2.352	14.1 Contaminación del suelo	Debido a la posible rotura o sobrealimentación del biodigestor o sus conductos, lo que puede generar graves daños al suelo. Se recomienda un plan de uso y mantenimiento que se mantenga actualizado y a disposición de todas las personas que puedan operar el biodigestor.

Tabla 22. Descripción de Impactos significativos.

Fuente: Elaboración Propia.

4. CONCLUSIONES

En la Provincia de Buenos de Aires se encuentran aproximadamente 100 escuelas de educación agraria. Es importante considerar que la mayor parte de estos establecimientos se encuentra en zonas rurales y, por este motivo, gran parte de ellas no cuentan con acceso a los servicios de agua, gas y/o energía eléctrica. Las escuelas agrarias, en su mayoría, cuentan con tareas de producción agropecuaria generándose residuos transformándose en un problema debido a la falta de planificación para el tratamiento de los mismos.

El proyecto se realizó basándose en datos proporcionados por una escuela agraria de la Provincia de Buenos Aires. Una vez identificados los problemas, se analizó la posibilidad de instalar un biodigestor con el objetivo de tratar el total de los desechos generados en la institución y, además, suplir un porcentaje del consumo de Gas Licuado de Petróleo.

Se realizó el análisis FODA, donde se identificaron las Fortalezas, Debilidades, Amenazas y Oportunidades que caracterizan a la institución frente a la instalación del biodigestor y se logró cuantificar éstas mediante las matrices MEFI y MEFE. Como resultado del mismo, se obtuvo que tanto los factores internos como los factores externos son favorables para la aplicación de este tipo de tecnología en la situación actual de la institución, tanto para la generación de biogás como para la obtención de biofertilizantes a partir de la deposición de forma adecuada de los desechos generados.

Por otro lado, todo tipo de instalación que se compone de partes móviles y mecánicas se caracteriza por poseer una tasa de falla. Se aplicó el método basado en el Análisis de Modo y Efecto de Falla al biodigestor propuesto para la institución, permitiendo identificar cuáles son las fallas más comunes en estos equipos, cuál es la causa de que se generen y de qué manera se visibilizan, para luego determinar el impacto de su ocurrencia y poder tomar acciones tanto proactivas como correctivas para solucionarlas. Además de esto, se desarrollaron las políticas de mantenimiento que deben llevarse a cabo para cada una de las partes que componen el biodigestor. Se logró identificar tres tipos distintos de política de mantenimiento aplicables, las mismas son: Mantenimiento Detectivo, Mantenimiento Preventivo Sistemático y Mantenimiento Correctivo. Con estos dos análisis, se provee la información necesaria para el correcto mantenimiento de todo el equipamiento. Con el objetivo de que todas las intervenciones queden asentadas en forma de historial del equipo, se diseñó una planilla de carga para el almacenamiento de datos que componen las tareas de mantenimiento. Es de vital importancia, ya que permite identificar la frecuencia de

falla de un elemento en particular, y en caso de ser necesario, modificar la política de mantenimiento aplicada a éste.

En cuanto a la operación diaria, teniendo en cuenta que quienes operan el equipo serán los alumnos y profesores de la institución, se desarrolló una tabla para registrar los datos de cada uno de los procesos de alimentación del biodigestor, evitando fallas en la alimentación y sobrealimentación.

Se detallaron las normas que se deben cumplir desde la puesta en marcha, para asegurar que la operación del biodigestor sea segura y los elementos de protección personal con los que se debe contar cada vez que se realice una tarea sobre el equipo.

Se identificaron los aspectos ambientales de la puesta en marcha del proyecto mediante la Matriz de Leopold para luego ser analizados y poder determinar sus impactos. Una vez determinados, fueron cuantificados pudiéndose establecer que los impactos positivos tuvieron una mejor valoración que los negativos, demostrándose que la implementación de esta tecnología en el establecimiento, si bien va a generar alteraciones negativas en el ambiente, éstas van a ser contrarrestadas con otras positivas de mayor peso relativo.

En cuanto al análisis económico, se llevó a cabo el análisis en función a la relación beneficio/costo. Con la instalación del biodigestor se obtiene un ahorro anual de 516,8 US\$, lo que significa suplir un 7,69 % del consumo de GLP, teniendo en cuenta que el biodigestor produce 3,7 m³/día de biogás (equivalente a 79 MJ). Por otro lado, la inversión para la instalación del biodigestor se estimó en 2.037,09 US\$, sin considerarse en el valor neto anual del costo, los gastos de operación y mantenimiento del equipo debido al esquema de organización de la institución para llevar a cabo estas operaciones. La relación beneficio/costo resultó ser mayor a la unidad, esto indica que económicamente es factible la realización del proyecto.

Para complementar el análisis de factibilidad económica, se realizó el cálculo del tiempo que le llevará a la institución recuperar la inversión realizada para llevar a cabo el proyecto. Tomando una vida útil de 7 años para el biodigestor y, teniendo en cuenta que el primer año el equipo funcionara al 70% de su capacidad, se obtiene un tiempo de repago cercano a los 4 años.

Por último, se considera que los objetivos planteados al inicio del proyecto pudieron lograrse de manera exitosa. El proyecto permitió la integración de diversas herramientas, que en conjunto, sirvieron para demostrar que la aplicación de biodigestores para solucionar las problemáticas mencionadas, es eficiente, eficaz y amigable con el medio ambiente.

5. BIBLIOGRAFÍA

- BRIOZZO, O. L. (1991). Contaminación ambiental. Causas y Consecuencias. Posibles soluciones. Academia Nacional de Ingeniería, Biblioteca Facultad de Ingeniería.
- CANO, M. (2019). Desarrollo de Energías Renovables en Argentina. KPMG Argentina.
- Cerviño, M. Director de la escuela seleccionada como caso de estudio. Comunicación Personal, 13 de Agosto de 2019.
- CHAMORRO, A. (2003). El etiquetado ecológico: un análisis de su utilización como instrumento de marketing. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura.
- CHORKULAK, V. (2016). Análisis de la capacidad de generación de biogás en Argentina a partir de residuos orgánicos producidos en granjas con sistemas de confinamiento. Tesis de Magister. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 88p.
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. Extraído el 15 de abril de 2020, de <https://despachorenovables.cammesa.com/potencia-instalada/>
<https://despachorenovables.cammesa.com/renovables/>.
- DAVID, F. (1997). Conceptos de Administración Estratégica. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., Quinta Edición.
- DÍAZ-TRUJILLO, L. A., & NÁPOLES-RIVERA, F. (2019). Optimization of biogas supply chain in Mexico considering economic and environmental aspects. Departamento de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
- DUARTE, O. G. (2000). Técnicas Difusas en la Evaluación de Impacto Ambiental. Tesis Doctoral Universidad de Granada, España.
- ESPINOZA, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo.
- Environmental Protection Agency (EPA), Office of Air Quality Planning and Standards. (2009). Evaluación del Potencial de un Proyecto de Biogás en el Relleno Sanitario de San Nicolás. San Nicolás, Argentina.
- FERNANDO PABLO, J. A. (1991). Manual de Seguridad en el Trabajo. Madrid. Ed. Fundación MAPFRE.

- GARCÍA - LEYTON, L. A. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Capítulo 3. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. España.
- GLYNN HENRY, J. (1999). Ingeniería Ambiental. Biblioteca Facultad de Ingeniería. Editorial Prentice Hall, 2da.
- INDIVERI, E. (s.f). Manual de uso del biodigestor. Universidad Nacional de Cuyo.
- Instituto Nacional de Educación Tecnológica (2018). Extraído el 15 de enero de 2020, de <http://www.inet.edu.ar/>.
- International Institute for Sustainable Development. Matriz de Leopold. Extraído el 16 de marzo de 2020, de <https://www.iisd.org/learning/eia/es/wp-content/uploads/2016/06/ES-Leopold-Matrix.pdf>.
- Leopold, L.B.; Clarke, F.E.; Hanshaw, B. B. & Balsley, J.R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey, Circular 645. Washington. Extraído el 15 de marzo de 2020, de <https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf>.
- MACIEJCZYK, M. (2017). Seguridad en plantas de biogás: Peligros y medidas de seguridad. Taller de Seguridad en Biogás. Asociación Alemana de Biogás
- MARTÍ HERRERO, J. (2008). Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía, Bolivia.
- MENÉNDEZ, J. E. y HILBERT, J. A. *Cuantificación y uso de Biomasa de residuos de cultivos en Argentina para bioenergía, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Volumen 4, Año 2, 2013.*
- Mete, M. R. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. Extraído el 18 de abril de 2020, de: http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2020). Extraído el 22 de marzo de 2020, de <http://www.probiomasa.gob.ar/>.
- Ministerio de Desarrollo productivo. (s.f.). Extraído el 18 de marzo de 2020, de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/hidrocarburos/gas-licuado-de-petroleo>.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2008). Estudio de Impacto Ambiental de Relleno Sanitario para el cantón Jipijapa. Quito, Ecuador.

- Ministerio de Educación de la Nación, Secretaría de Evaluación Educativa. (2017). Las escuelas Técnicas Secundarias en la Argentina. Extraído el 27 de julio de 2019, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_escuelas_tecnicas_2911_2.pdf.
- Ministerio de Educación de la Nación, Secretaria de Evaluación Educativa. (2018). Registro Federal de Instituciones de Educación Técnico Profesional. Extraído el 27 de julio de 2019, de <http://www.inet.edu.ar/index.php/estudios-investigaciones/registro-federal-de-instituciones/>.
- Ministerio de Educación de la Nación. (2004). Características Institucionales y Desempeños, de las Escuelas Técnicas. Extraído el 27 de julio de 2019, de <http://www.bnm.me.gov.ar/qiga1/documentos/EL006359.pdf>,
- MORERO, B.; RODRIGUEZ, M. B. & CAMPANELLA, E. A. *Environmental impact assessment as a complement of life cycle assessment. Case study: upgrading of biogas, Bioresource Technology, Volumen 190, Abril 2015.*
- MOUBRAY, J. (2004). Rcm II – Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Editorial Aladon Ltd.
- NI, J.-Q. & NYNS, E.-J. *New concept for the evaluation of rural biogas management in developing countries, Energy Conversion and Management, Volumen 37, Issue 10, enero 1996, pag 1525-1534.*
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Extraído el 23 de marzo de 2020, de <http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf>.
- Ponce. V. M. (s.f.). La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental. Extraído el 15 de marzo de 2020, de http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html.
- RAFFO, S. & ZAVA, M. O. (2014). Aplicación de la Tecnología de Biodigestores a un feedlot. Estudios de Factibilidad en función de la cantidad de cabezas dentro del establecimiento. Trabajo Final. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 110p.
- SACRISTAN, F. R. (2001). Manual de Mantenimiento Integral de la Empresa. Manual de Mantenimiento. Madrid. Ed. Fundación Confemetal.
- SAPAG CHAIN, N. & SAPAG CHAIN, R. (2005). Preparación y evaluación de proyectos, 4^{ta} Edición. Santiago de Chile. Ed. McGraw Hill.

- TORRES, L. D. (2005). Mantenimiento su Implementación y Gestión. Córdoba, Argentina. Ed. Científica Universitaria.
- Varnero, M. (2011). Manual de Biogás de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Extraído el 1 de agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>.
- VERA-ROMERO, I; MARTINEZ-REYEZ, J; ESTRADA-JARAMILLO, M & ORTIZ-SORIANO, A. *Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino, Ingeniería, Investigación y Tecnología, Volumen 15, número 3, julio-septiembre 2014, pag 429-436.*
- ZAMBRANO, D. (2013). Construcción de un Biodigestor para la obtención de biogás y abono. Trabajo Final. Facultad de Ingeniería y Ciencias exactas. Universidad Argentina de la Empresa. 82p.
- Zubiaurre, L. Jefe del Departamento de Producción Sustentable Pampeana del INTI. Comunicación Personal, 10 de agosto de 2019.
- ZUGARRAMURDI, A. & PARIN, M. (1998). Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.

6. ANEXO

I. Anexo I: Marco legal

Como se menciona en el punto 2.4 a continuación se desarrollan y detallan cada una de las Normas vinculadas a aspectos ambientales, al manejo y disposición de efluentes y también a los residuos en general.

❖ Normas Nacionales

- Artículo 41° de la Constitución Nacional

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

- Ley 25675/02, Ley general del ambiente

Esta ley dicta presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental, presupuesto mínimo, competencia judicial. Instrumentos de la política y gestión, ordenamiento ambiental. Evaluación de impacto ambiental, educación e información. Participación ciudadana, seguro ambiental y fondo de restauración. Sistema federal ambiental, ratificación de acuerdos federales. Autogestión, daño ambiental y fondo de compensación ambiental.

- Ley 25688/02, Régimen de gestión ambiental de aguas

Esta ley dicta presupuestos mínimos ambientales para la preservación de la aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas. Cuenca hídrica superficial. Comités de cuencas hídricas

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

- Ley 25612/02, Gestión integral de residuos industriales

Esta ley dicta presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios. Niveles de riesgo. Generadores. Tecnologías. Registros. Manifiesto. Transportistas. Plantas de tratamiento y disposición final. Responsabilidad civil. Responsabilidad administrativa. Jurisdicción. Autoridad de aplicación. Disposiciones complementarias.

- Ley 24051/92, Ley de Residuos Peligrosos, y Decreto reglamentario 831/93

Esta ley dicta ámbito de aplicación y disposiciones generales, registro de generadores y operadores; transportistas; infracciones régimen penal; autoridad de aplicación; disposiciones complementarias; prohíbase su importación.

- Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, 982 (Res. MSyAS 494/94)

Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios.

- Ley 26190/06, Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.

Esta ley dicta régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica; objeto; alcance; ámbito de aplicación; autoridad de aplicación; políticas; régimen de inversiones; beneficiarios; etc.

- Ley 27191/15, Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica -modificatoria de la Ley 26190-, y su Decreto reglamentario 531/16

Modificaciones a la Ley 26.190”

ARTÍCULO 1º – Sustitúyese el artículo 2º de la ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, por el siguiente:

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Artículo 2°: Alcance - Se establece como objetivo del presente régimen lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017.

ARTÍCULO 2° – Sustitúyese los incisos a) y b) del artículo 4° de la ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, por los siguientes:

a) Fuentes Renovables de Energía: Son las fuentes renovables de energía no fósiles idóneas para ser aprovechadas de forma sustentable en el corto, mediano y largo plazo: energía eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, de las corrientes marinas, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración, biogás y biocombustibles, con excepción de los usos previstos en la ley 26.093.

b) El límite de potencia establecido por la presente ley para los proyectos de centrales hidroeléctricas, será de hasta cincuenta megavatios (50 MW).

ARTÍCULO 3° – Sustitúyese el artículo 7° de la ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, por el siguiente:

Artículo 7°: Régimen de Inversiones - Instituyese un Régimen de Inversiones para la construcción de obras nuevas destinadas a la producción de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables de energía, que regirá con los alcances y limitaciones establecidos en la presente ley.

ARTÍCULO 4° – Sustitúyese el artículo 9° de la ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, por el siguiente:

Artículo 9°: Beneficios - Los beneficiarios mencionados en el artículo 8° que se dediquen a la realización de emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía en los términos de la presente ley y que cumplan las condiciones establecidas en la misma, gozarán de los beneficios promocionales previstos en este artículo, a partir de la aprobación del proyecto respectivo por parte de la Autoridad de Aplicación, siempre que dicho proyecto tenga principio efectivo de ejecución antes del 31 de diciembre de 2017, inclusive. Se entenderá que existe principio efectivo de ejecución cuando se hayan realizado erogaciones de fondos asociados al proyecto por un monto no inferior al quince por ciento (15%) de la inversión total prevista antes de la fecha indicada precedentemente. La acreditación del principio efectivo de ejecución del proyecto se efectuará mediante declaración jurada presentada ante la Autoridad de Aplicación, en las

condiciones que establezca la reglamentación (Ministerio de justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación).

❖ Normas Provinciales

- Ley 11723/95, Ley del Ambiente

Esta ley dicta protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general; ámbito de aplicación; derechos y deberes de los habitantes; política ambiental; defensa jurisdiccional; régimen de control y sanciones administrativas; organismos de aplicación.

- Ley 5965 y Resolución 236/03

Esta ley dicta protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, sobre límites de descarga admisibles.

- Código de aguas (1999)

El presente Código establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la Provincia de Buenos Aires.

- Ley 11720, Ley de residuos especiales

La presente Ley tiene por objeto la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, con los siguientes fines: reducir la cantidad de residuos especiales generados; minimizar los potenciales riesgos del tratamiento, transporte y disposición de los mismos; promover la utilización de las tecnologías más adecuadas desde el punto de vista ambiental (Ministerio de Justicia de la Provincia de Buenos Aires).

II. Anexo II: Tabla de factores de Leopold

Como se menciona en el punto 2.5.1.1 a continuación se detallan los factores que según Leopold pueden verse impactados, en el aspecto de la Evaluación Ambiental, al llevar a cabo un proyecto y también las acciones que pueden causar estos impactos.

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
A.1 TIERRA	
a. Recursos minerales	d. Geomorfología
b. Material de construcción	e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo
c. Suelos	f. Factores físicos singulares
A.2 AGUA	
a. Superficiales	e. Temperatura
b. Marinas	f. Recarga
c. Subterráneas	g. Nieve, hielos y heladas
d. Calidad	
A.3 ATMÓSFERA	
a. Calidad (gases, partículas)	c. Temperatura
b. Clima (micro, macro)	
A.4 PROCESOS	
a. Inundaciones	f. Compactación y asentamientos
b. Erosión	g. Estabilidad
c. Deposición (sedimentación y precipitación)	h. Sismología (terremotos)
d. Solución	i. Movimientos de aire
e. Sorción (intercambio de iones, complejos)	
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	
B.1 FLORA	
a. Árboles	f. Plantas acuáticas
b. Arbustos	g. Especies en peligro
c. Hierbas	h. Barreras, obstáculos
d. Cosechas	i. Corredores
e. Microflora	
B.2 FAUNA	
a. Aves	f. Microfauna
b. Animales terrestres, incluso reptiles	g. Especies en peligro
c. Peces y mariscos	h. Barreras
d. Organismos bentónicos	i. Corredores
e. Insectos	
C. FACTORES CULTURALES	
C.1 USOS DEL TERRITORIO	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Selvicultura	h. Zona industrial
d. Pastos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
C.2 RECREATIVOS	
a. Caza	e. Camping
b. Pesca	f. Excursión
c. Navegación	g. Zonas de recreo
d. Zona de baño	

C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	
a. Vistas panorámicas y paisajes	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desarmonías
C.4 NIVEL CULTURAL	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimiento, accesos)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Corredores
D. RELACIONES ECOLÓGICAS	
a. Salinización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otros
d. Cadenas alimentarias	
E. OTROS	

Tabla II. 1: Factores de Leopold
Fuente: Leopold, 1971

A. MODIFICACIÓN DEL REGIMEN:	
a) Introducción de flora y fauna exótica	g) Control del río y modificación del flujo
b) Controles biológicos	h) Canalización
c) Modificación del hábitat	i) Riego
d) Alteración de la cubierta terrestre	j) Modificación del clima
e) Alteración de la hidrología	k) Incendios
f) Alteración del drenaje	l) Superficie o pavimento
	Ruido y vibraciones
B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN:	
a) Urbanización	k) Revestimiento de canales
b) Emplazamientos industriales y edificio	l) Canales
c) Aeropuertos	m) Presas y embalses
d) Autopistas y puentes	n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
e) Carreteras y caminos	o) Estructuras en alta mar
f) Vías férreas	p) Estructuras recreacionales
g) Cables y elevadores	q) Voladuras y perforaciones
h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	r) Desmontes y rellenos
i) Barreras incluyendo vallados	s) Túneles y estructuras subterráneas
j) Dragados y alineado de canales	
C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS:	
a) Voladuras y perforaciones	e) Dragados
b) Excavaciones superficiales	f) Explotación forestal
c) Excavaciones subterráneas	g) Pesca comercial y caza
d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	
D. PROCESOS:	
a) Agricultura	h) Industria química
b) Ganaderías y pastoreo	i) Industria textil
c) Piensos	j) Automóviles y aeroplanos
d) Industrias lácteas	k) Refinerías de petróleo
e) Generación energía eléctrica	l) Alimentación
f) Minería	m) Herrerías (explotación de maderas)
g) Metalurgia	n) Celulosa y papel
	o) Almacenamiento de productos
E. ALTERACIONES DEL TERRENO:	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales	d) Paisaje
b) Sellado de minas y control de residuos	e) Dragado de puertos
c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	f) Aterramientos y drenajes

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

F. RECURSOS RENOVABLES:

a) Repoblación forestal	c) Recarga aguas subterráneas
b) Gestión y control vida natural	d) Fertilización
	e) Reciclado de residuos

G. CAMBIOS EN TRÁFICO:

a) Ferrocarril	g) Deportes náuticos
b) Automóvil	h) Caminos
c) Camiones	i) Telecillas, telecabinas, etc.
d) Barcos	j) Comunicaciones
e) Aviones	k) Oleoductos
f) Trafico fluvial	

H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS

a) Vertidos en mar abierto	h) Vertido de aguas de refrigeración
b) Vertedero	i) Vertido de residuos urbanos
c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros	j) Vertido de efluentes líquidos
d) Almacenamiento subterráneo	k) Balsas de estabilización y oxidación
e) Disposición de chatarra	l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domesticas
f) Derrames en pozos de petróleo	m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
g) Disposición en pozos profundos	n) Lubricantes o aceites usados

I. TRATAMIENTO QUIMICO:

a) Fertilización	c) Estabilización química del suelo
b) Descongelación química de autopistas, etc.	d) Control de maleza y vegetación terrestre
	e) Pesticidas

J. ACCIDENTES:

a) Explosiones	c) Fallos de funcionamiento
b) Escapes y fugas	

K. OTROS:

a)...	..b).
-------	-------

Tabla II. 2: Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental
Fuente: Leopold, 1971

III. Anexo III: Obtención de biogás y dimensionamiento

A continuación se presentan las tablas y datos provenientes del programa de cálculo de producción de biogás y de dimensionamiento del biodigestor provisto por el Departamento de Producción Sustentable Pampeana del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), como se menciona en el punto 3.2.

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

Sustrato	Cantidad	Kg x animal/día o Kg persona/día	kg/día	%	Masa Seca / sólidos totales %	Sólidos totales (kg ST/día)	Sólidos volátiles (SV) %	Sólidos volátiles (kg SV/día)	Degradabilidad %	Sólidos degradables (kg /día)
Hojas verdes			28.5714286	36.93	10.6	3.03	85.5	2.59	70	1.81
Pollos	100	0.018	1.8	2.33	55	0.99	71.5	0.71	65	0.46
Cerdo	10	4	40	51.70	22	8.80	77.5	6.82	50	3.41
Conejos	20	0.35	7	9.05	12.7	0.89	81.1	0.72	0	0.00

Tabla III. 1: Sólidos en función de cada sustrato

Fuente: INTI, 2019

Cantidad biogás promedio m3/t SV	Metano Vol %	Suma biogas m3/t ST	Suma metano m3/t ST	Suma Biogas m3/t Sustrato fresco	Suma de biogás (m3)	N (%ST)	P2O5 (%ST)	K2O (%ST)	NH4 (%ST)
615	60	431	258.3	11.1	1.59	2.50	4.00	0.00	0.00
350	60	228	136.5	1.6	0.25	4.22	3.00	3.82	0.76
360	60	279	167.4	61.4	2.46	3.23	2.75	2.74	0.98
410	61	333	202.8	42.2	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla III 2: Biogás en función de cada sustrato

Fuente: INTI, 2019

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

TOTAL ALIMENTACION	Sustratos humedo (kg/dia)	solidos totales (kg ST/dia)	Sólidos volátiles (kg SV/dia)	Sólidos degradables (kg /dia)
	77	14	11	6

Tabla III. 3: Total de sustratos en el establecimiento, en kg
Fuente: INTI, 2019

TOTAL BIOGAS	biogas m ³ /dia	calidad de Biogas (metano Vol %)	Suma biogas m3/mes	Suma biogas m ³ /año	producción de metano m ³ /dia	producción de metano m ³ /mes	producción metano m ³ /año	Eficiencia %
	3.7	60	114	1341	2	69	808	80.00

Tabla III. 4: Total de biogás en el establecimiento, en m³
Fuente: INTI, 2019

Energia total/dia (kWh)	Energia total/año kWh	Energia total/dia MJ	Energia total/dia kcal	Energia total/año MJ
22.1	6,925,528.6	79	18,974	29,002.3

Tabla III. 5: Total de energía en el establecimiento, en kWh y en MJ
Fuente: INTI, 2019

	masa Seca / solidos totales %	Sólidos volátiles (SV) %	Degradabilidad %	Cantidad biogas promedio m3/t SV	Metano Vol %	Suma biogas m3/t ST	Suma metano m3/t ST	Suma Biogas m3/t Sustrato fresco	N (%ST)	P2O5 (%ST)	K2O (%ST)	NH4 (%ST)
Estiércol de pollo liquido	10	77	65	499.5	60	384.62	230.77	38.46	6.31	4.62	3.20	3.42
Cama de pollo	55	71.5	65	350	60	250.25	150.15	137.64	4.22	3.00	3.82	0.76
Estiércol de pollo	50	77	65	560	60	431.20	258.72	215.60	5.03	4.52	3.14	1.01
Estiércol de caballo	25	75	50	583	60	437.25	262.35	109.31	1.89	0.97	2.26	0.11
Estiércol de oveja	27	80	50	749.5	60	599.60	359.76	161.89	2.71	1.64	3.89	1.05
Estiércol de pavo	55	85	65	375	60	318.75	191.25	175.31	4.05	4.15	3.54	0.88
Estiércol de vaca liquido	7.5	78.5	40	350	60	274.75	164.85	20.61	4.44	1.76	6.22	2.35
Estiércol de porcino (carne) liquido	1	80.5	50	500	65	402.50	261.63	4.03	9.57	4.94	6.21	7.96
Trigo (pulpa)	6	94	82	639.23	58.91	600.87	353.97	36.05	7.59	3.56	1.59	N/A
Cereales (pulpa)	7	85	N/A	565.00	61.50	480.25	295.35	33.62	8.00	4.80	N/A	N/A
Hojas verdes	12	88	N/A	615.00	60.00	541.20	324.72	64.94	2.50	4.00	N/A	N/A
Frutas (pulpa)	2.5	95	N/A	475.00	61.50	451.25	277.52	11.28	N/A	0.73	N/A	N/A
Hojas de remolacha azucarera limpio	16	83.4	82	637.24	53.65	531.46	285.11	85.03	1.28	1.00	6.39	N/A
Hojas de remolacha azucarera suizo	17	75.7	82	631.63	54.06	478.14	258.47	81.28	1.28	1.00	6.39	N/A
Remolacha azucarera limpio	23	95.3	89	702.83	50.68	669.80	339.46	154.05	1.24	0.67	1.59	0.20
Remolacha azucarera sucio	25	87.3	89	696.21	50.76	607.79	308.52	151.95	1.24	0.67	1.59	0.20
Cebada (paja)	86	94.1	50	394.63	50.55	371.34	187.72	319.36	0.60	0.25	1.52	N/A
Avena (paja)	86	93.4	50	395.79	50.73	369.67	187.52	317.91	0.53	0.25	1.52	N/A
Centeno (paja)	86	94.2	44	349.92	50.97	329.63	168.01	283.48	0.53	0.25	1.52	N/A
Trigo (paja)	86	92.2	47	380.43	50.78	350.76	178.11	301.65	0.52	0.25	1.52	N/A

Tabla III. 6: Extracto base de datos total
Fuente: INTI,2019

	10°C	20°C	25°C	30°C	38°C	50°C
Día						
0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1
5	1	1	1	2	3	5
10	2	3	8	14	15	30
20	7	12	25	35	40	80
40	22	33	50	70	80	90
60	35	55	70	84	90	92
80	48	74	82	87	91	93
100	60	81	85	88	91	93
120	71	83	86	89	91	93
140	77	83	87	89	91	93
160	80	83	87	89	91	93
180	81	83	87	89	91	93
200	82	83	87	89	91	93
220	82	83	87	89	91	93

Tabla III. 7: Degradación a biogás en función de la temperatura
Fuente: INTI,2019

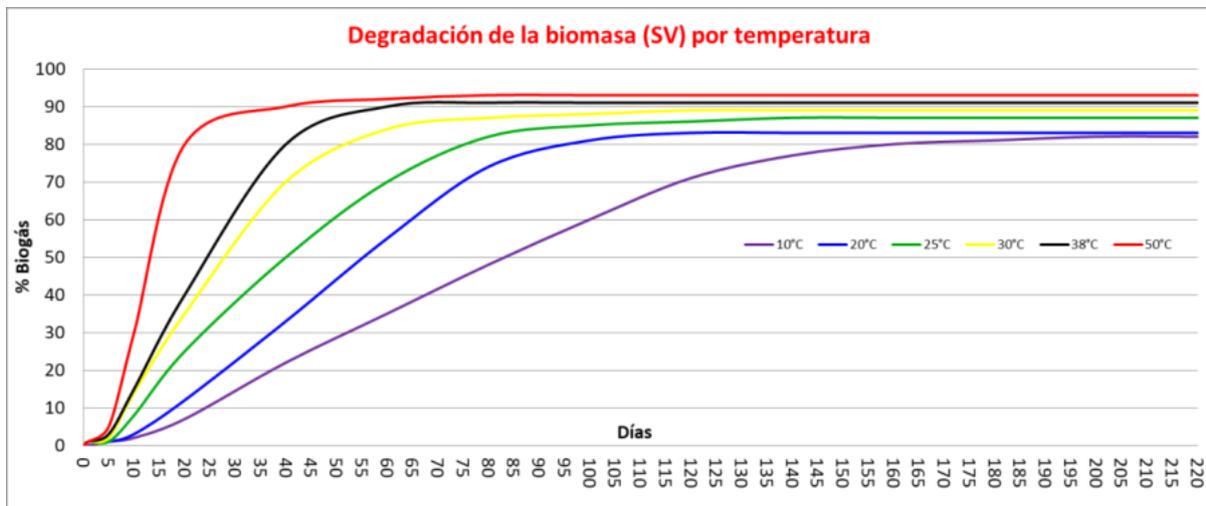


Figura III. 1: Degradación a biogás en función de la temperatura
Fuente: INTI,2019

Proyecto de inversión para la producción de biodigestores de uso urbano-rural

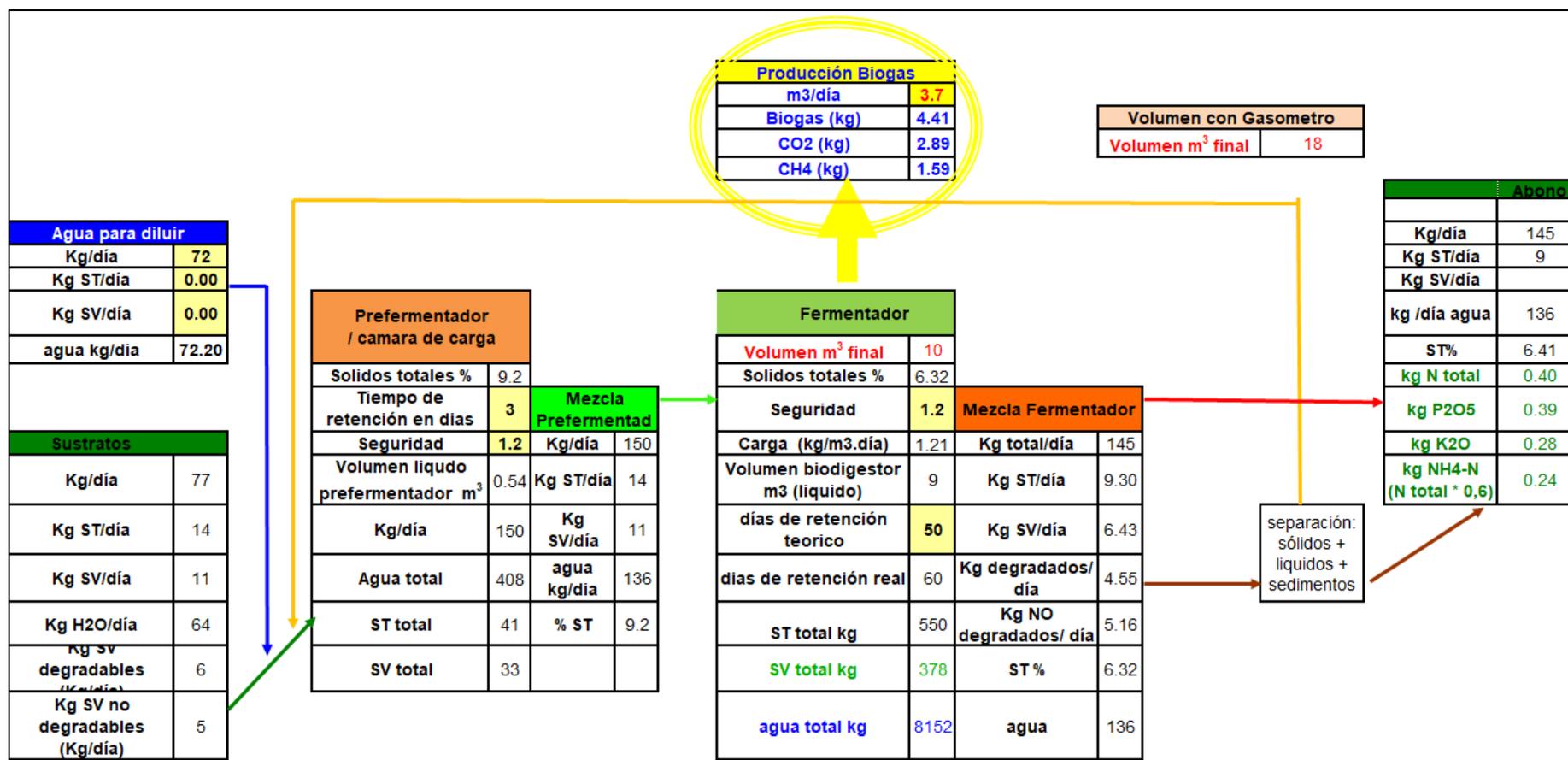


Figura III. 2: Dimensionamiento del biodigestor

Fuente: INTI, 2019

IV. Anexo IV: Planilla de carga diaria del biodigestor

Como se menciona en el punto 3.8.1 se presenta la tabla de carga diaria del biodigestor. La siguiente tabla tiene como objetivo el seguimiento de las cargas, indicando el responsable y la cantidad de sustrato y agua que se ingresó en el mismo.

Día	Hora	Cantidad de Kg		Responsable de realizar la carga	Firma
		Sustrato	Agua		
Lunes	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
Martes	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
Miércoles	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
Jueves	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
Viernes	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				
Sábado	09:00				
	10:00				
	11:00				
	12:00				
	13:00				

Tabla IV. 1: Planilla de carga
Fuente: Elaboración propia