



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela Ingeniería Civil Mecánica

“ESTUDIO TÉCNICO FINANCIERO DE UNA PLANTA GENERADORA DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE PURINES”

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico.

Profesor Patrocinante:
Sr. Héctor Noriega Fernández
Ingeniero de Ejecución Mecánico.
M.Sc. Ingeniería de Producción,
Ph.D. en Ciencias e Ingeniería.

RAMON ANDRES BARRIENTOS BARRIA

VALDIVIA - CHILE

2008

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que el Trabajo de Titulación del Señor:

RAMON ANDRES BARRIENTOS BARRIA

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día 24. NOVIEMBRE '08, como requisito para optar al Título de **Ingeniero Mecánico**. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

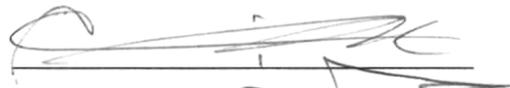
Profesor Patrocinante:

Sr. Héctor Noriega F.



Profesores Informantes:

Sr. Claudio Bastidas C.

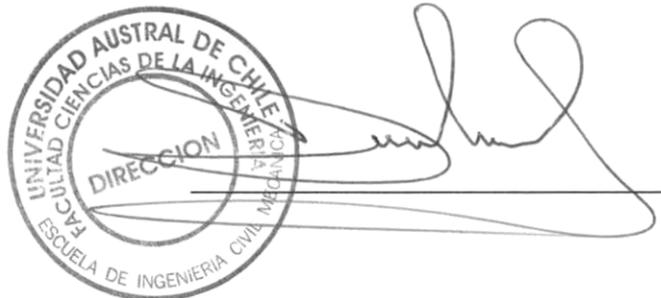


Sr. Luigi Ciampi P.



V° B° Director de Escuela

Sr. Milton Lemarie O.



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA
DIRECCION
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL MECANICA

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos en primer lugar al profesor Héctor Noriega por haber aceptado ser mi profesor patrocinante y haberme guiado en el desarrollo de este trabajo. También agradezco a los profesores Luigi Ciampi y Claudio Bastidas por haber sido mis profesores colaboradores.

Agradezco a mis compañeros de universidad por haber compartido tantos buenos momentos en mi estadía en la universidad.

Agradezco y dedico este trabajo a mis amigos en especial a los de toda la vida Mario, Valdo y Seba, quienes siempre han estado conmigo.

De manera especial quiero agradecer y dedicar este logro a mis padres por haberme dado la posibilidad de estudiar y haberme apoyado en los buenos y malos momentos. También dedico mi tesis a mis tíos y primos. A mi hermana Magaly, le agradezco por haber compartido la mayor parte de mi estadía en Valdivia y por todos los buenos momentos vividos.

Finalmente agradezco a Solange, mi polola y amiga que ha estado siempre junto a mí, en las alegrías y las penas. Siempre teniendo una palabra o una broma para alegrar mi vida.

A todos muchas Gracias...

ÍNDICE

Agradecimientos.....	2
Índice General.....	3
Índice Figuras.....	5
Índice Tablas.....	6
Resumen.....	7
Summary.....	8
CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO II.- FUNDAMENTOS Y NOCIONES BASICAS DE LA DIGESTÓN ANEROBICA Y EL BIOGAS.....	12
2.1 Digestión anaeróbica.....	12
2.2 Etapas y variables del proceso.....	12
2.3 Co-fermentadores.....	14
2.4 Clasificación de digestores.....	15
2.5 El Biogás.....	23
2.6 Componentes e instalaciones necesarias para una planta generadora de electricidad.....	25
2.7 Beneficios de la digestión anaeróbica.....	29
CAPITULO III.- DESCRIPCION Y COMPOSICION DE PURINES.....	31
3.1 Generación de Purines.....	31
3.2 Excretas y orina (purines).....	32
CAPITULO IV.- UBICACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGAS.....	34
4.1 Lugar de emplazamiento y consumo eléctrico.....	34
4.2 Caracterización climática del lugar de emplazamiento.....	34
4.3 Funcionamiento y producción de Planta Piloto.....	35

4.4	Cálculo del volumen de purines generados.....	36
4.5	Dimensiones del digestor.....	37
4.6	Análisis de las necesidades de calor del digestor.....	38
4.7	Calculo de pérdidas de calor del digestor.....	39
4.8	Calculo serpentín calefactor.....	40
4.9	Volumen tanque de recolección.....	44
4.10	Conducción de la mezcla.....	44
4.11	Dimensiones digestor.....	45
4.12	Acumulador de gas.....	46
4.13	Filtro para Acido Sulfhídrico.....	46
4.14	Conducción del biogás.....	47
4.15	Motor cogenerador.....	48
4.16	Control.....	48
4.17	Plan de mantenimiento.....	49
 CAPITULO V.- EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		52
5.1	Flujo de caja.....	52
5.2	Escenario real.....	55
5.3	Escenario optimista.....	56
5.4	Análisis sensibilidad.....	57
 CONCLUSIONES.....		61
 BIBLIOGRAFÍA.....		63
 ANEXOS.....		66

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1	Digestor Batch.....	16
Fig.2	Digestor mezcla completa.....	17
Fig.3	Digestor contacto anaeróbico.....	18
Fig.4	Digestor U.A.S.B.....	19
Fig.5	Digestor lecho fluidizado.....	20
Fig.6	Digestor con filtro anaeróbico.....	21
Fig.7	Digestor de una etapa.....	22
Fig.8	Digestor dos etapas.....	23
Fig.9	Esquema Representativo Planta de Biogás utilizada en Europa.....	25
Fig.10	Contribución de los distintos componentes que entran al pozo de almacenamiento.....	31
Fig.11	Esquema Planta de Biogás.....	35
Fig.12	Serpentín calefactor.....	40
Fig.13	Diagrama de Flujo Purines.....	44
Fig.14	Dimensiones Digestor.....	45
Fig.15	Filtro para ácido sulfhídrico.....	47
Fig.16	Diagrama flujo Biogás.....	47
Fig.17	Diagrama control.....	49
Fig.18	Flujo de Caja.....	52
Fig.19	Gráfico VAN escenario real.....	56
Fig.20	Gráfico VAN escenario optimista.....	57
Fig.21	Gráfico sensibilidad VAN analizado en 44 períodos, escenario real.	58
Fig.22	Gráfico sensibilidad VAN analizado en 44 períodos, escenario optimista.....	58
Fig.23	Gráfico sensibilidad VAN analizado con aumento de ingresos, escenario real.....	59
Fig.24	Gráfico sensibilidad VAN analizado con aumento de ingresos, escenario optimista.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de biodigestores.....	15
Tabla 2	Composición del biogás.....	23
Tabla 3	Componentes del biogás en función del sustrato.....	24
Tabla 4	Equivalencias del Biogás.....	24
Tabla 5	Variables utilizadas para calcular el caudal de purines.....	33
Tabla 6	Valor de variables utilizadas para calcular el caudal.....	36
Tabla 7	Estimación del caudal.....	37
Tabla 8	Volumen digestor.....	37
Tabla 9	Dimensiones interiores del digestor.....	37
Tabla 10	Perdidas de calor del digestor.....	40

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo dimensionar y seleccionar los componentes principales necesarios para construir una planta de biogás utilizando efluentes de lechería y usar el biogás para generar electricidad. Para dimensionar la planta de biogás se recurrió a datos bibliográficos. En esta ocasión no se consideró la ingeniería de detalle dejándola para un proyecto definido.

El tipo de digestor propuesto para la planta de biogás fue uno de régimen continuo, mezcla completa y de una etapa.

La planta se proyectó en la zona de Frutillar, con la finalidad de caracterizar las condiciones climáticas del lugar de ubicación.

La lechería tiene un consumo mensual aproximado de 3000 Kw de electricidad aproximadamente. La producción de biogás proyectada es de 25 metros cúbicos diarios, con lo que es posible generar 45 Kw de electricidad.

Finalmente se realiza un análisis financiero obteniendo los indicadores financiero VAN y TIR. Los valores de éstos son \$-25.418.328 y -1.54%, respectivamente.

SUMMARY.

The objective of the present work is to measure and select the principal components needed for a biogas plant using effluent from a hundred dairy cows and use it to generate electricity. To measure the plant was used to bibliographic information. In this opportunity we don't considered which were leaving the detailed engineering for a definitive project.

The digester's type planned to use in the biogas plant, is based in the anaerobic digestion. It was a continue digester, with full mix and only one step.

The plant was planned in the area of Frutillar; with the purpose of aim of the characterized the climate condition.

Dairy farm has about monthly consumption of 3000 Kw of electricity or so. The projected production is 25 cubic meters of biogas, which can generate 45 Kw of electricity for day.

Finally we have done a financial analysis by obtaining the NPV and IRR financial indicators. The values of these indicators are \$-25.418.328 and -1.54% respectively.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Chile actualmente vive una fuerte crisis energética, debido a la gran dependencia que tiene en esta materia de otros países y acentuada aun más por la crisis mundial de combustibles fósiles. Es por esto que debemos buscar nuevas fuentes de energías y que estas sean lo mas limpias posibles.

En esta búsqueda de nuevas energías encontramos la producción de biogás por medio de digestión anaeróbica de residuos orgánicos. Sin embargo, la producción de biogás tiene un escaso desarrollo en Chile, lo que se refleja en el 0,19% de energía consumida en el país proviene del biogás (Kaiser, 2004). En este contexto la zona sur genera residuos orgánicos cómo son los purines de lechería, los que se pueden utilizar como materia prima para la producción de biogás.

Otro aspecto importante a considerar con respecto a la producción lechera, es que es capaz de ocasionar graves problemas ambientales y sanitarios. En épocas anteriores el medio ambiente, era capaz de soportar la descarga de los residuos provenientes de esta actividad ganadera, debido a que los sistemas de producción no eran tan intensos y generaban bajos volúmenes de residuos. Hoy día surge una creciente preocupación por los efectos en el medio ambiente derivados del aumento en la productividad ganadera.

El biogás se puede utilizar para generar energía eléctrica, además de la obtención de bioabono para las praderas. Por lo tanto, el desarrollo de la bioenergía tendría dos beneficios, uno medioambiental y otro energético pudiéndose llegar a la autonomía energética de un fundo. Esto significaría un gran ahorro para los productores de leche que hoy en día tienen un gran consumo de electricidad y esto asociado a un alto costo.

Definición del Problema

El problema es el alto requerimiento energético de las lecherías ubicadas en la zona sur del país, asociado esto al gran costo económico que significa el consumo de electricidad.

La problemática asociada es la reducción de utilidades del sector lechero y dependencia de terceros para abastecerse de energía dada la crisis en el país

VARIABLES DEPENDIENTES.

- Tipo y tamaño de biodigestores.
- Temperatura de funcionamiento de los biodigestores.
- Tipo de generadores eléctricos.
- Costo de la instalación de la planta.

VARIABLES INDEPENDIENTES.

- Cantidad de purines.
- Tipo de clima.
- Características del suelo.
- Consumo eléctrico de la lechería.

Hipótesis.

Con la producción de biogás a partir de los purines, en una lechería de cien vacas lecheras, se puede obtener la autonomía eléctrica de la lechería.

Objetivo general.

Dimensionar y seleccionar los componentes necesarios para el diseño de una planta de biogás en una lechería de cien vacas y utilizar el biogás para generar electricidad.

Objetivos específicos.

- Determinar las variables que influyen en el dimensionamiento de una planta de biogás.
- Demostrar el aprovechamiento del estiércol del ganado bovino para la generación de energía eléctrica y fertilizantes orgánicos.
- Diseño y/o selección de componentes.
- Análisis financiero.

Metodología de trabajo.

- Reunir información sobre la cantidad y características de los purines producido en una lechería de 100 vacas.
- Identificar los procesos biológicos más importantes que influyen en la producción de biogás.
- Investigar los tiempos de retención del estiércol.
- Investigar de la existencia e idoneidad de aceleradores del proceso de fermentación.
- Calcular el volumen de producción de gas diario.
- Calcular energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema.
- Calcular energía que se puede producir con esa cantidad de purines.
- Evaluar costos involucrados en la construcción y funcionamiento de la planta de biogás.
- Investigar sobre los consumos de electricidad de la maquinaria utilizada en una lechería.
- Investigar propiedades del bioabono producido por la fermentación anaeróbica.
- Contactar profesionales inmersos en el tema del biogás.
- Visitar en terreno instalaciones productoras de biogás.
- Diseñar o seleccionar los equipos más eficientes para esta aplicación.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS Y NOCIONES BASICAS DE LA DIGESTIÓN ANEROBICA Y EL BIOGAS.

2.1 Digestión anaeróbica.

Este proceso es uno de lo más antiguos empleados para la estabilización de fangos. En este proceso se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno molecular (Metcalf y Eddy, 1995).

En este proceso, la materia orgánica se convierte biológicamente en metano y dióxido de carbono. Esto se lleva a cabo en un reactor cerrado. Los fangos se introducen en el reactor en forma continua o intermitente, y permanecen en su interior durante un periodo de tiempo variable (Metcalf y Eddy, 1995).

2.2 Etapas y variables del proceso.

Básicamente, el proceso considera tres etapas (Cofré, 2001):

- Hidrólisis: Etapa en la que los polisacáridos (celulosa, almidón, etc.), los lípidos (grasas) y las proteínas, son reducidas a moléculas más simples.
- Acidogénesis: Etapa en que los productos formados anteriormente son transformados principalmente en ácido acético, hidrógeno y CO₂.
- Metanogénesis: Los productos resultantes de esta etapa son metano CH₄ y CO₂, principalmente.

Las variables que influyen en el proceso son las siguientes (Hilbert, 2003):

- Temperatura: El óptimo funcionamiento se encuentra alrededor de los 35°C.
- Tiempo de Retención: La velocidad de degradación depende en gran parte de la temperatura, pues a mayor temperatura el tiempo de retención requerido es menor.
- Acidez: Determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás, habiéndose encontrado que el valor óptimo de pH oscila entre 6,6 y 7,6.
- Contenido en sólidos: Se suele operar en mejores condiciones con menos de un 10% en sólidos, lo que explica que la biomasa más adecuada sea la de alto contenido en humedad.
- Nutrientes: Para el crecimiento y la actividad de las bacterias, éstas tienen que disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales.
- Tóxicos: Aparte del oxígeno, inhiben la digestión concentraciones elevadas de amoníaco, sales minerales y algunas sustancias orgánicas como detergentes y pesticidas.
- Agitación: Para que se produzca la digestión y se obtenga un buen rendimiento, debe haber un íntimo contacto entre los microorganismos y la materia prima o sustrato, por lo que es necesaria una agitación a la masa interna del digester. Esta agitación también ayuda a prevenir la formación de natas.
- Relación Carbono/Nitrógeno: La cantidad y la calidad del biogás producido por la materia orgánica al ser sometida a un proceso anaerobio depende de la

composición del desecho utilizado. El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de nutrientes para las bacterias metanogénicas. El carbono es la fuente de energía y el nitrógeno contribuye a la formación de nuevas células en el proceso.

2.3 Co-fermentadores.

Aunque la producción de gas depende principalmente de la temperatura y del tiempo de exposición a las bacterias, también depende de la composición química de los elementos que participan.

Los co-fermentadores son elementos orgánicos que aumentan y/o agilizan la producción de biogás de forma significativa. Estos elementos son introducidos en el digestor para ser mezclados con el estiércol.

Las grasas son las que más metano producen y las proteínas las que aportan el particular olor de descomposición, por la liberación de hidrógeno sulfurado.

La descomposición de estiércol también tiene una gran diferencia dependiendo de su origen. En general, el estiércol de bovinos tiene una descomposición más difícil porque la relación de carbono y nitrógeno degradable (C:N) es muy estrecha. Si se le agrega carbono de fácil degradación, como por ejemplo efluentes de silo, papas, pastos o similares, la producción de gas sigue su curso. Por este motivo hoy en día se utilizan cada vez más materiales como co-fermentadores, llegando al extremo de introducir a los biodigestores ensilaje de maíz en forma directa.

Estudios realizados en Alemania y Dinamarca han demostrado claramente que la utilización de co-fermentadores aumenta en forma muy importante la producción de biogás. Otros co-fermentadores utilizados incluyen paja de trigo, paja de maíz, pradera, desecho de destilería, hoja de remolacha, lodos de clarificación, basura orgánica, cortes de pasto, aceites y grasas (Kaiser,2004).

2.4 Clasificación de digestores.

Durante el desarrollo de esta tecnología se han diseñado y probado distintos tipos de digestores, variando de acuerdo a las características del material a digerir, a las exigencias a los niveles de descontaminación y a la relación costo-inversión-beneficio.

Hilbert (2003), realiza una clasificación de los más sencillos hasta la última generación de reactores de alta eficiencia, complejidad y costo. Además existen otras realizadas por el mismo autor.

La clasificación de estos digestores se efectúa de acuerdo a diferentes criterios, resumidos en el siguiente cuadro.

Tabla 1: Clasificación de biodigestores (Hilbert ,2003).

1.-Carga	a) Sistema Batch. b) Sistema continuo o semicontinuo.
2.-Intensidad de Mezcla	a) Mezcla completa. b) Mezcla parcial o nula.
3.-Manejo del Substrato	a) Contacto anaeróbico. b) U.A.S.B. (Upflow Anaerobic Sludge Blanquet). c) Lecho Fluizado. d) Filtro anaeróbico.
4.-Manejo Bioquímico	a) Una etapa. b) Dos etapas.

1.-a) Sistema Batch:

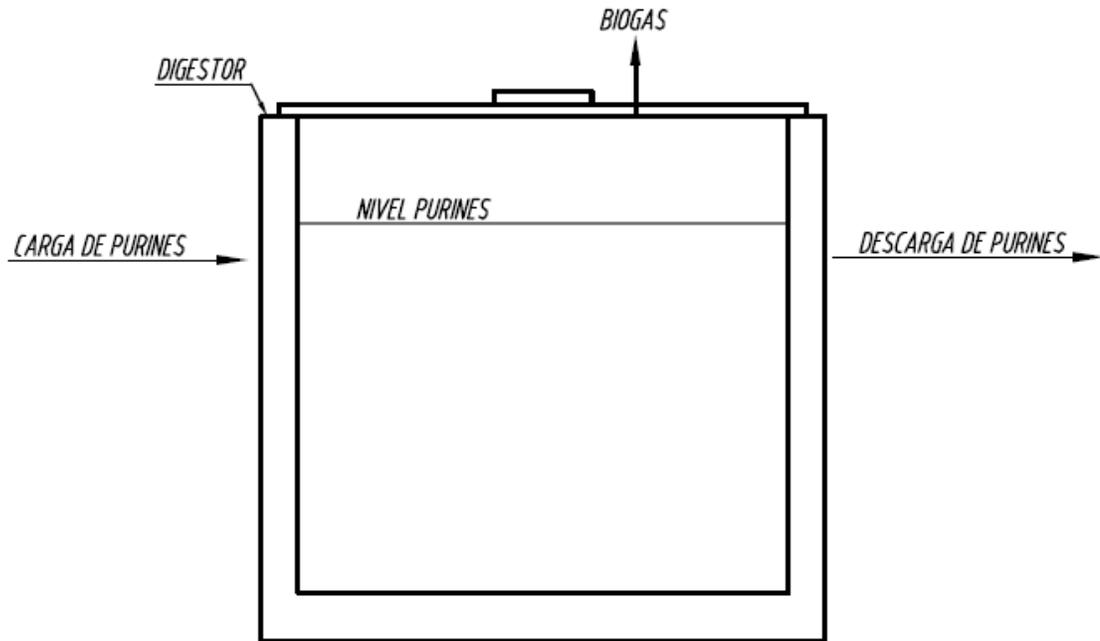


Figura 1: Digestor Batch (Elaboración propia).

Se caracterizan por una carga y vaciado total de la cámara de digestión. De uso en laboratorios y en el tratamiento de materias vegetales. Con o sin agitación.

Este tipo de digestores son eficaces para la digestión de materiales celulósicos que no pueden ser tratados en los digestores de tipo continuo debido al posible taponamiento de los conductos de alimentación y salida.

1.-b) Sistema continuo o semicontinuo:

En este tipo el volumen que ingresa desplaza una cantidad equivalente de efluente que se evacua por la salida. De este modo el volumen del substrato en la cámara de digestión se mantiene constante. Los continuos se cargan generalmente en forma diaria, a diferencia de los semicontinuos se descargan totalmente una o dos veces por año que generalmente coincide con el período de siembra para aprovechar el poder fertilizante de los residuos de la digestión

y de los lodos fermentados, parte de estos últimos es utilizada en el nuevo arranque.

2.-a) Mezcla completa:

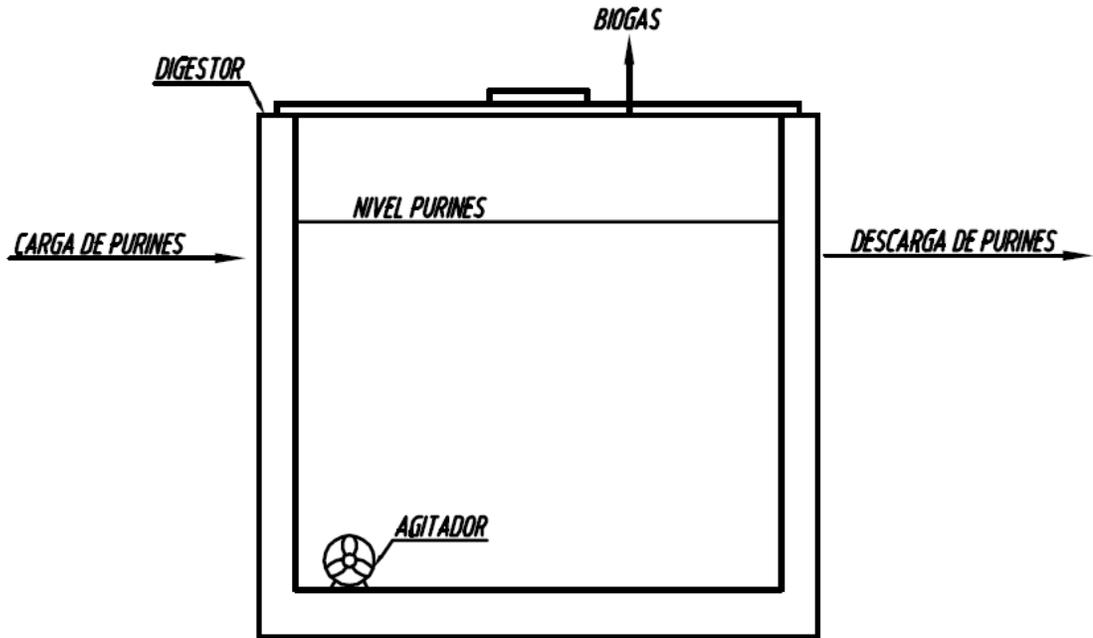


Figura 2: Digestor mezcla completa (Elaboración propia).

En estos se busca que el sustrato en fermentación dentro de la cámara se mezcle en forma total, en general diariamente. En el caso de los reactores calefaccionados, esta acción asegura una distribución uniforme de la temperatura en todo el volumen. Existen diversos medios para lograr este fin, entre los que podemos mencionar: la agitación de líquidos mediante bombas internas o externas al digestor y la reinyección de biogás dentro de la cámara produciendo un intenso burbujeo.

Los objetivos buscados con la agitación son: remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanógenicas, mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, evitar la formación de costra que se forma dentro del digestor, uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios

“muertos” sin actividad biológica, la agitación aumenta la producción de gas y disminuye el tiempo de retención hidráulica (Hilbert, 2003).

2.-b) Mezcla parcial:

En este grupo se encuentran los pequeños digestores rurales en los cuales los métodos de agitación son muy rudimentarios (agitadores del tipo manual o rotación de la campana gasométrica). Los que se realizan con el fin de evitar la formación de la perjudicial costra.

3.-a) Contacto anaeróbico:

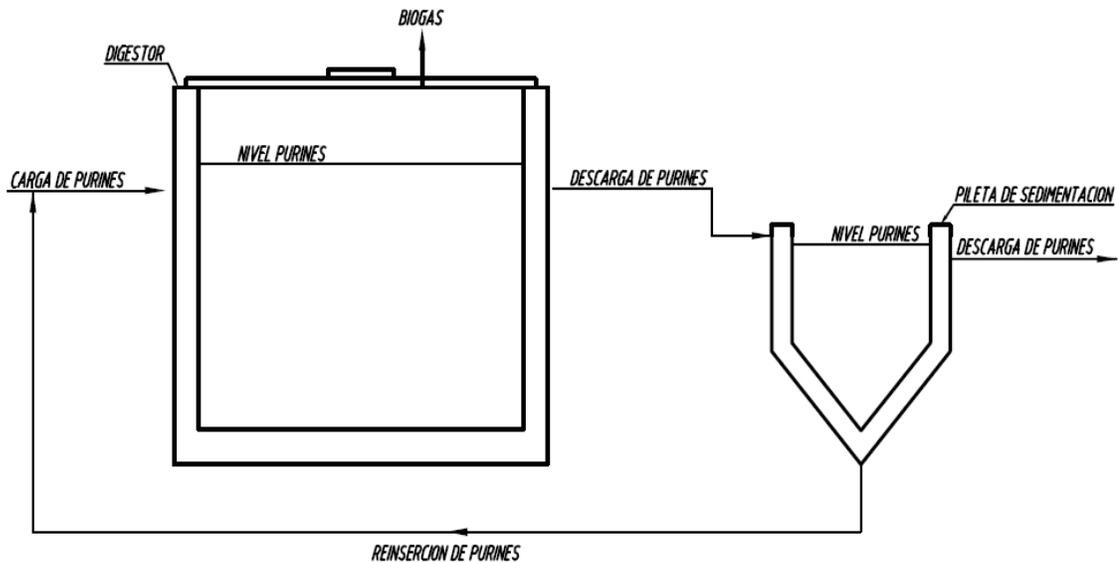


Figura 3: Digestor contacto anaeróbico (Elaboración propia).

En estos existe una piletta de sedimentación a la salida de este, que le da la posibilidad a las bacterias que han salido con el efluente a asentarse y decantar para luego ser reintroducidas en forma de lodo, mezclado con material de carga como inóculo (mezcla que contiene masa bacteriana que hace posible la digestión anaeróbica).

3.-b) U.A.S.B. (Upflow Anaerobic Sludge Blanket):

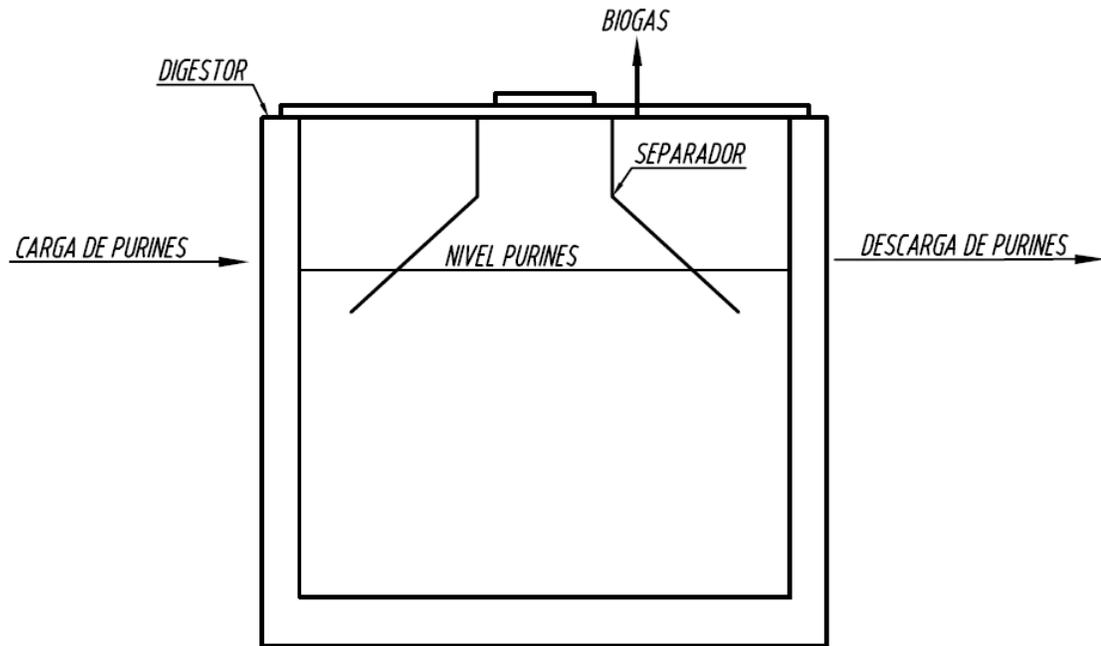


Figura 4: Digestor U.A.S.B.(Elaboración propia).

En su interior posee separadores y mamparas estratégicamente ubicadas las que generan zonas de tranquilidad en las cuales las bacterias han conformado glomérulos (floculación) que sedimentan y así se evita que salgan con el efluente que es sacado por la parte superior de la cámara de carga.

3.-c) Lecho Fluidizado

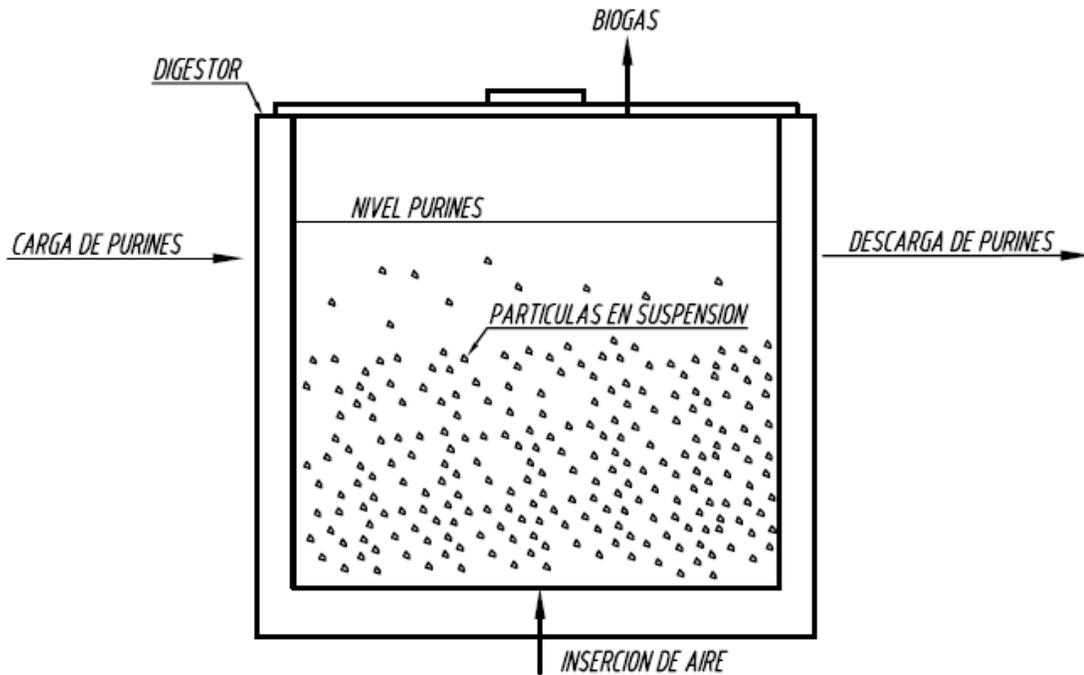


Figura 5: Digestor lecho fluidizado (Elaboración propia).

En este tipo de reactor unas pequeñas partículas se mantienen en suspensión dentro de la cámara de digestión. Las bacterias se adhieren a estas partículas, que no son atacadas y salen con ellas. Mediante el filtrado del efluente se pueden recuperar estas partículas juntamente a las bacterias y se reintroducen en el digestor.

3.-d) Filtro anaeróbico:

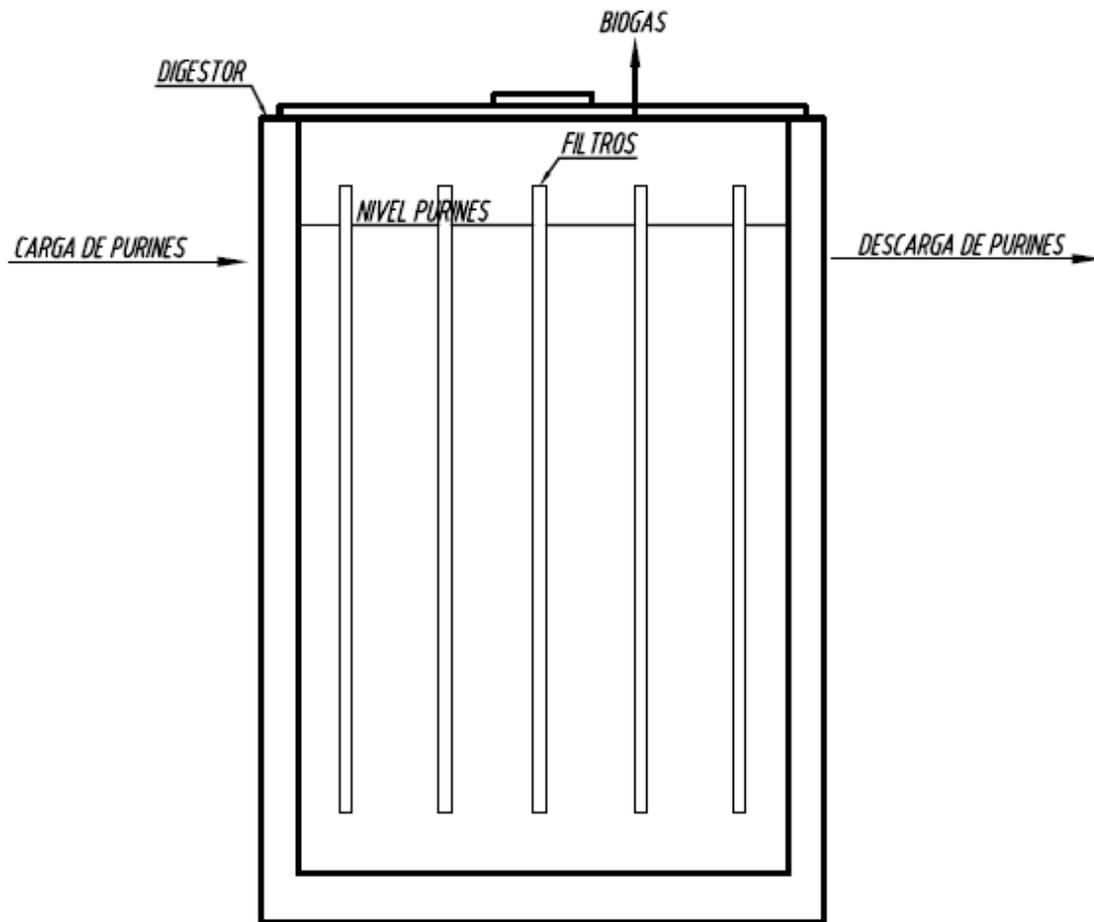


Figura 6: Digestor con filtro anaeróbico (Elaboración propia).

Estos reactores tienen la particularidad de ser alargados (relación alto/diámetro mayor a 1), en su interior poseen un medio fijo que puede estar constituido por cañerías reticuladas, piedra caliza, formas plásticas de gran relación superficie/volumen, etc. Sobre estos materiales no atacables se adhieren las bacterias y así se evita su pérdida, que disminuye notablemente los tiempos de retención. Existen dos variantes: de flujo ascendente y de flujo descendente.

4.-a) Una etapa:

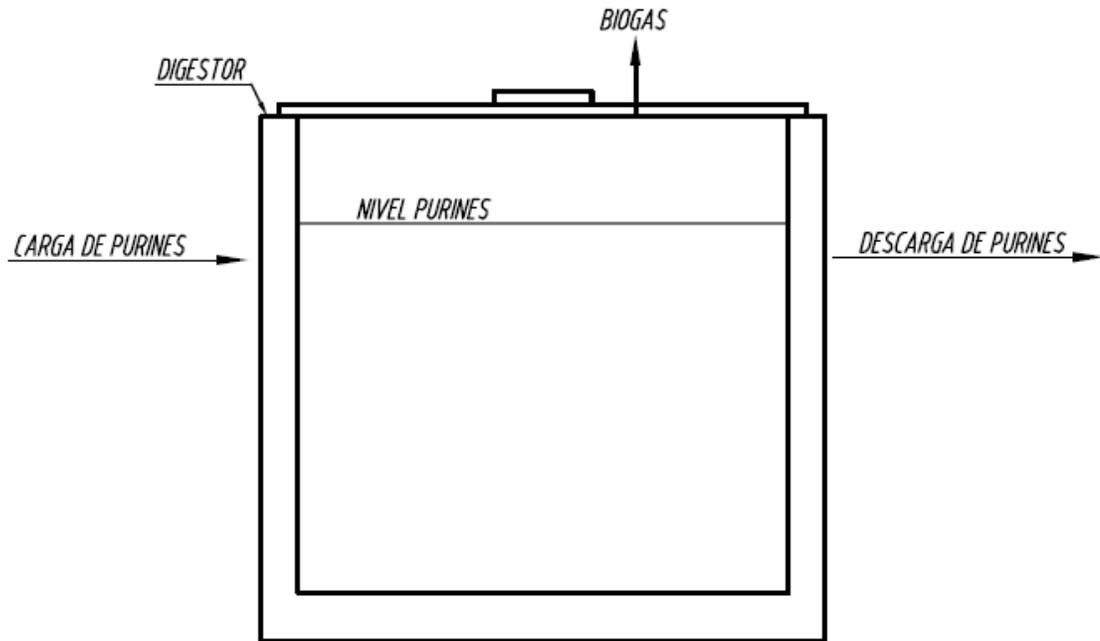


Figura 7: Digestor de una etapa (Elaboración propia).

Todos los tipos de digestores vistos hasta este momento se agrupan en esta categoría debido a que todas las etapas de la digestión anaeróbica se cumplen en una única cámara, en la cual todas las bacterias están sometidas a las mismas condiciones.

4.-b) Dos etapas:

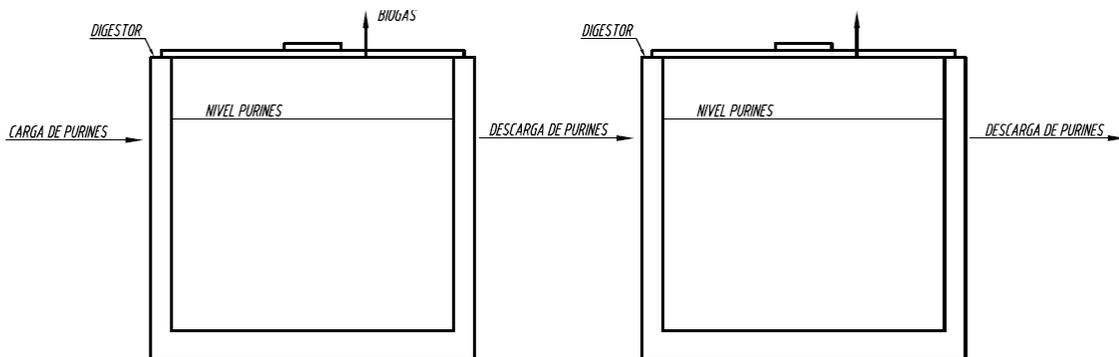


Figura 8: Digestor dos etapas (Elaboración propia)

En estos reactores se ha dividido en dos cámaras de digestión separadas, donde en la primera se desarrolla la etapa acidogénica y en la segunda la acética y la metanogénica. Esto permite optimizar las condiciones de desarrollo de cada tipo de bacterias y extraer los sólidos indigeribles antes que pasen a la etapa metanogénica.

2.5 El Biogás.

Se designa biogás a la mezcla constituida por metano CH_4 en una proporción que oscila entre un 50% a un 70 % y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno (Hilbert, 2003). La densidad del biogás es $1,133 \text{ kg/m}^3$. El contenido de energía bruta es de $21,5 \text{ MJ/ m}^3$ de biogás (con 60% de metano). Esto significa una producción aproximada de $6,35 \text{ kWh}$ de corriente eléctrica por metro cúbico (Kaiser, 2004).

Tabla 2: Composición del biogás (Cofré, 2001).

Gas	Porcentaje %
Metano (CH_4)	50-70
Anhídrido carbónico (CO_2)	25-40
Nitrógeno (N_2)	0.5-3
Hidrógeno (H_2)	1-3
Acido sulfhídrico (H_2S)	0-1
Monóxido de Carbono (CO)	0-1.5
Agua (H_2O)	Trazas

La composición o riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. En el Tabla 3 se muestran valores medios de composición del biogás en función del substrato utilizado. En el caso de residuos agrícolas se encuentran todos aquellos que se producen en un predio agropecuario en general, es decir desde solo vegetales hasta una mezcla

completa de estiércoles, rastrojos, frutas, etc. El potencial calorífico inferior del biogás es aproximadamente de 5.250 kcal/m³, para una riqueza en metano de 60% (Contreras y Vilches,2007).

Tabla 3: Componentes del biogás en función del sustrato (Contreras y Vilches, 2007).

Componente	Residuos agrícolas	Lodos de depuradora	Residuos industriales	Gas de vertedero
Metano	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
Dióxido de carbono	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
Sulfuro de hidrógeno	100-700ppm	0-1%	0-8%	0,5-100ppm
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Monóxido de carbono	0-1%	0-1%	0-1%	Trazas
Nitrógeno	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
Oxígeno	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
Compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 ppm

Tabla 4: Equivalencias del Biogás (Kaiser y Póvez, 2004).

1 unidad animal	6,6 – 35 toneladas estiércol / año
1 tonelada de estiércol	20-35 m ³ biogás
1 m ³ biogás	0,5 -0,7 m ³ metano
1 m ³ biogás	5,0-7,0 kWh total
1 m ³ biogás	1,5-3 kWh eléctrico
1 m ³ biogás	2,0-4,2 kWh calorífico
1 m ³ biogás	0,6 litros de petróleo

2.6 Componentes e instalaciones necesarias para una planta generadora de electricidad.

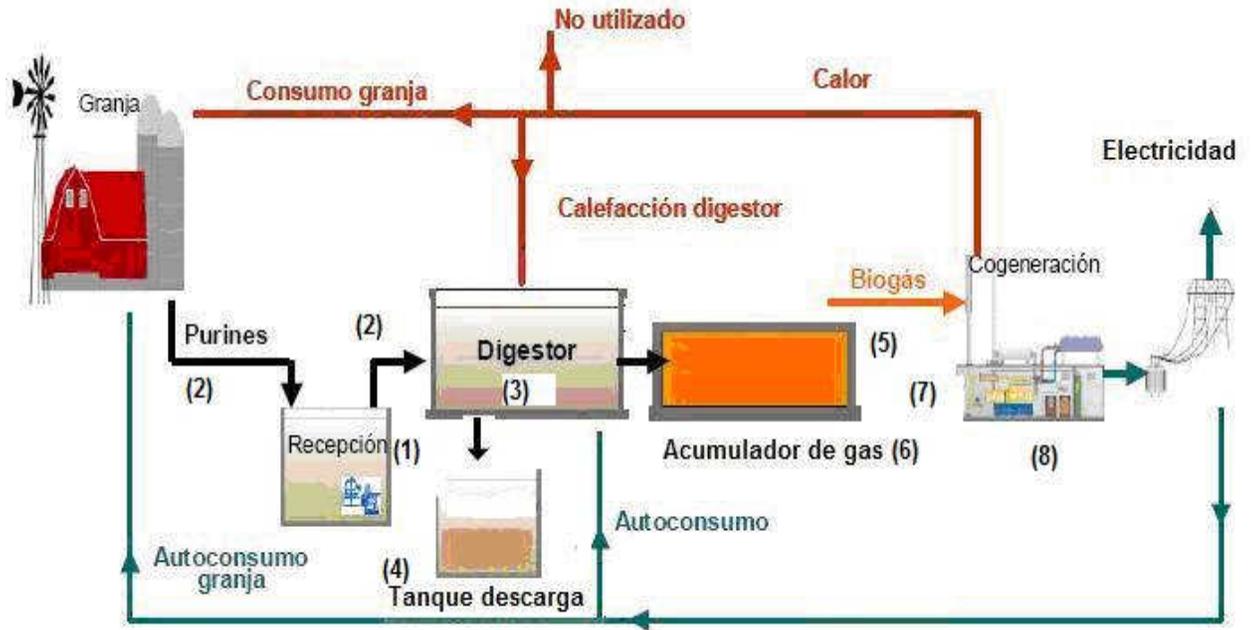


Figura 9: Esquema representativo planta de biogás utilizada en Europa. 1.Tanque de recolección, 2.Conducción de la mezcla, 3.Digestor,4.Tanque de almacenamiento del efluente, 5.Conducción del biogás, 6.Acumulador de biogás, 7.Equipo limpieza de biogás, 8. Motor co-generador (Biovec).

1. Tanque de recolección.

Su función es acumular los purines que se han generado en la lechería y el patio de espera. Esta cámara debe ser capaz de almacenar un equivalente a dos días de carga del digestor.

Debe estar provisto de un sistema de alimentación de agua para diluir la materia prima si fuese necesario además debe contar con algún sistema de agitación para homogenizar la mezcla antes de introducirla al digestor.

La mezcla se enviará al digestor mediante una bomba.

2. Conducción de la mezcla.

Deben ser tales que aseguren una provisión de materia prima en forma rápida evitando su descomposición aeróbica. De esta forma se tendrá un material con su pleno potencial. Mantilla (2007) recomienda que el proceso de carga del digestor sea lento para evitar el choque térmico que se puede producir al ingresar una gran masa dentro del digestor y además para que la descarga del digestor sea en forma gradual con el fin de evitar la salida de material sin digerir.

3. Digestor.

Sin importar cual sea el sistema a utilizar, la cámara de digestión deberá cumplir los siguientes requisitos:

a) Impermeable al agua y al gas para evitar las pérdidas del líquido en digestión, con el consecuente peligro de contaminación; y la pérdida de gas que disminuirá la eficiencia y provocaría el riesgo de explosiones en las cercanías del digestor.

b) Aislante, las pérdidas de calor deben ser evitadas al máximo, puesto que el mantenimiento de la temperatura de digestión es logrado con el aporte de calor externo y por lo tanto todo ahorro en este sentido redundará en una mayor cantidad de energía neta disponible. Este aspecto es particularmente importante para los digestores que trabajan a temperaturas meso y termofílicas.

c) Estabilidad estructural, capaz de soportar cargas estáticas y dinámicas; incluyendo un cuidadoso estudio del suelo, especialmente en los que serán construidos bajo tierra, donde se pueda afectar alguna napa freática.

Debe estar provisto de un mecanismo de agitación; éste puede ser muy variado. Básicamente existen tres tipos: Los mecánicos (palas, hélices, tornillos

sinfín), bombas de recirculación, inyectores de gas y circulación natural por desplazamiento de líquido interno.

Además el digestor tiene que contar con un sistema de calefacción, entre los cuales se pueden contar son: los de calentamiento directo por vapor o agua caliente (este tipo de sistema se suele utilizar para el calentamiento del material a cargar) y los de calentamiento indirecto a través de intercambiadores de calor. En estos últimos se suele utilizar el agua caliente como medio de transporte de energía.

Los intercambiadores de calor adoptan distintas características: fondo calefaccionado, verticales sumergidos, embutidos en las paredes o externos al mismo.

4. Tanque de almacenamiento del efluente.

Es el lugar al que será bombeado el efluente del digestor. Sus dimensiones dependen fundamentalmente del uso que se le dará al efluente. Como mínimo deberá tener un volumen de 2 a 3 veces superior al de descarga diaria.

5. Conducción del Biogás.

La conducción del biogás producido deberá realizarse mediante tuberías aptas para el traslado de este gas, además se deben considerar válvulas de seguridad y manómetros. Estas líneas de conducción llevaran el gas desde el digestor al acumulador de gas y de este al motor.

6. Acumulador de biogás.

La producción de gas de un digestor anaeróbico es continua a lo largo de las 24 horas del día; no ocurre lo mismo con el consumo que por lo general está concentrado en una fracción corta de tiempo. Por este motivo será necesario almacenar el gas producido durante las horas en que no se consuma.

Para reducir el volumen de almacenaje necesario se puede comprimir el gas y almacenarlo a presiones medias (0,5 a 1,5 bar) y altas hasta 300 bar. Este tipo de almacenamiento demanda un gasto extra de energía para comprimir el gas y además se lo debe purificar extrayendo el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico.

7. Equipo para limpieza del biogás.

Está ubicado en la primera parte de la tubería que sale del digestor. Los principales componentes del biogás a limpiar son el agua y el ácido sulfhídrico. Se condensa el agua haciendo expansiones y contracciones bruscas en la tubería de conducción de biogás. Hilbert (2003) señala que las cañerías por las que circula biogás deben ser instaladas con una pendiente mínima del 1% hacia una trampa de agua. El ácido sulfhídrico se remueve utilizando filtros a base de óxido de hierro que remueven el azufre y que deben ser renovados constantemente. Cuando el gas producido se utiliza sólo como combustible para motores, se recomienda muchas veces no limpiar el gas por que no afecta el rendimiento ni los componentes del motor, además que las emisiones de ácidos son insignificantes en comparación con un motor funcionando sólo con combustible Diesel. El problema radica en que existen componentes en la planta que pueden verse afectados (válvulas, sensores, manómetros) con la mezcla de agua y ácido sulfhídrico (que puede formar ácido sulfúrico), entonces, la mejor solución es remover solamente el agua del biogás ya que es el procedimiento más sencillo, económico y de fácil mantenimiento. Entonces para limpiar el biogás se utiliza la trampa de agua descrita anteriormente.

8. Motor cogenerador.

Es el encargado de transformar el biogás producido en el biodigestor, en electricidad y a la vez permite utilizar el agua de refrigeración del motor para calefaccionar el biodigestor y poder mantenerlo a una temperatura elevada.

2.7 Beneficios de la digestión anaeróbica.

Entre los beneficios obtenidos a través de la digestión anaeróbica de compuestos orgánicos se pueden destacar (Kaiser y Póvez, 2005):

- Evitar la emisión descontrolada de metano proveniente de la producción animal y evitar el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera producida por el uso de combustibles fósiles.
- Reducción de la emisión de amoníaco, óxido nitroso y el mejoramiento en la absorción de nitrógeno realizada por los cultivos al aplicar el residuo de la digestión anaeróbica como fertilizante.
- Es posible descomponer los contaminantes orgánicos presentes en los estiércoles los cuales provienen del uso de pesticidas en la agricultura.
- La ventaja más importante de la fertilización orgánica es su participación en el ciclo natural de los nutrientes y el amplio espectro de ellos que aporta al medio.
- Al aplicar esta tecnología al tratamiento de estiércoles hasta un 70 % de su fracción orgánica puede ser convertida a metano y CO₂. Esta reducción disminuye la relación carbono/nitrógeno mejorando su calidad como fertilizante.
- Las semillas de malezas, como toda sustancia orgánica, son degradadas en gran porcentaje durante este proceso. Consecuentemente al utilizar el residuo de la digestión anaeróbica como fertilizante orgánico se podría reducir la aplicación de herbicidas.

- Variados agentes infecciosos y patógenos son degradados durante el proceso anaerobio. Hongos, larvas, gusanos y bacterias son degradadas en pocos días a temperatura mesofílica.
- Los compuestos orgánicos que producen los malos olores durante su descomposición son degradados y eliminados del ciclo de nutrientes.
- No se altera la propiedad del estiércol de producir humus al ser utilizado como fertilizante. Además si el estiércol es co-fermentado en conjunto con otros desechos orgánicos, la gama de nutrientes presentes en el residuo del proceso será mayor y su calidad como fertilizante orgánico será aún mejor.
- La digestión anaeróbica también trae consigo beneficios sociales como son: la posibilidad que tiene el productor agrícola de transformar su sistema productivo a uno de producción limpia, con lo que se genera un bienestar para toda la zona implicada

CAPITULO III

DESCRIPCION Y COMPOSICION DE PURINES

3.1 Generación de Purines.

En los últimos años los sistemas de producción de leche se han intensificado, existiendo un aumento en el uso de concentrados, fertilizantes, cultivos forrajeros y ensilajes. Esto se ha traducido en un aumento en la producción de leche, pero al mismo tiempo, en la generación de grandes cantidades de efluentes agrícolas como purines (Salazar, 2003). Los purines son la mezcla de estiércol y orina con su contenido original de humedad (SAG, 2001).

Sin embargo, se determinó que el agua lluvia, y las aguas sucias (principalmente del lavado de pisos) son los principales constituyentes en los efluentes de lecherías del Sur de Chile. Fecas y orina sólo representan un 25% del volumen total de efluentes producidos (Salazar, 2003).

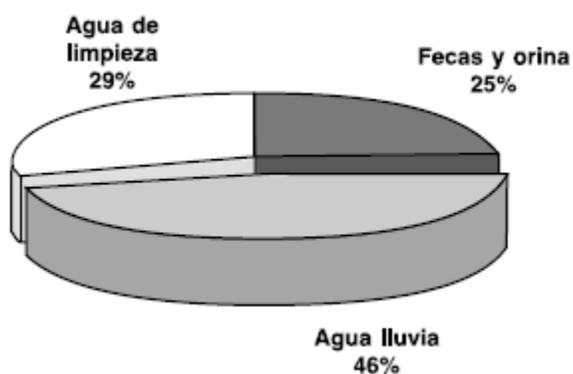


Figura 10: Contribución de los distintos componentes que entran al pozo de almacenamiento (Salazar,2003).

3.2 Excretas y orina (purines).

Una vaca de 500 kg produce aproximadamente 41 kg/día de fecas y orina con un promedio de 13 % de materia seca en la mezcla. Sin embargo, se dan rangos de 32 a 54 kg/día/vaca debido a factores que se relacionan a la producción de excretas tales como el peso del animal y digestibilidad de la dieta (Dumont,1998)

De acuerdo a lo anterior se puede determinar la cantidad de estiércol que produce un plantel lechero de 100 vacas.

$$P = \frac{C_1 \cdot 41}{500} \quad (1)$$

Donde:

P : Purines generados por un animal.

C_1 : Peso por cabeza de ganado, (Kg)

41: $\frac{\text{Kg.}}{\text{día} \cdot \text{purines}}$

500: Peso del animal.

Otro parámetro que influye en la determinación del caudal de purines generados en la lechería es el agua de lavado en cada periodo de ordeña. El cual es considerado en una relación 1:1 con la cantidad de estiércol (González y Sandoval, 2005).

También existe un parámetro que tiene mucha importancia, sobre todo en el Sur de Chile que son las precipitaciones, estas influyen directamente en el aumento del caudal. Sin embargo no será considerado porque el patio de

ordeña es techado por lo que las precipitaciones no influyen en el caudal de los efluentes de la lechería.

Tabla 5: Variables utilizadas para calcular el caudal de purines.

Variable
N° de animales
Peso (Kg./animal)
Estiércol (Kg./día/animal)
Días de ordeña
Horas de ordeña
Kg. Estiércol/6horas

Se considerara una densidad del purín de 1026 kg/m^3 (González y Sandoval, 2005).

CAPITULO IV

UBICACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGAS

4.1 Lugar de emplazamiento y consumo eléctrico.

El lugar de emplazamiento de la planta piloto productora de biogás, será el Fundo Casa del Medio, que está ubicada a 7 km. de Casma, en la comuna de Frutillar. Las coordenadas del Fundo Casa del Medio son las siguientes: coordenadas utm 654297 este, 5452431 norte huso 18.

El consumo de energía eléctrica de esta lechería es de alrededor de 3000 Kwh mensuales.

4.2 Caracterización climática del lugar de emplazamiento.

Esta comuna se encuentra en la ribera del lago Llanquihue y está próxima a la precordillera, lo que incide fuertemente en sus características climáticas. En Frutillar, se presenta un clima del tipo marino cálido, el cual se caracteriza por tener un periodo libre de heladas de siete meses.

El microclima que se forma en la ribera de los lagos permite que existan temperaturas que en promedio son mayores que las que se alcanzan en sectores ubicados más hacia el interior. Así, el régimen térmico de esta zona se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 13,86 °C, con una media máxima del mes más cálido (Enero) de 21,2 °C y una mínima media del mes más frío (Agosto) de 7,7°C.

El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación media anual de 1.641 mm, siendo Julio el mes más lluvioso con 287 mm. La evaporación de bandeja se estima en 600 mm anuales.

Los suelos en su mayoría corresponden a trumaos sobre morrenas de suaves pendientes que bordean los lagos y forman terrazas. En general son suelos trumaos livianos y pedregosos (Alamos, 2004).

4.3 Funcionamiento y producción de Planta de Biogás.

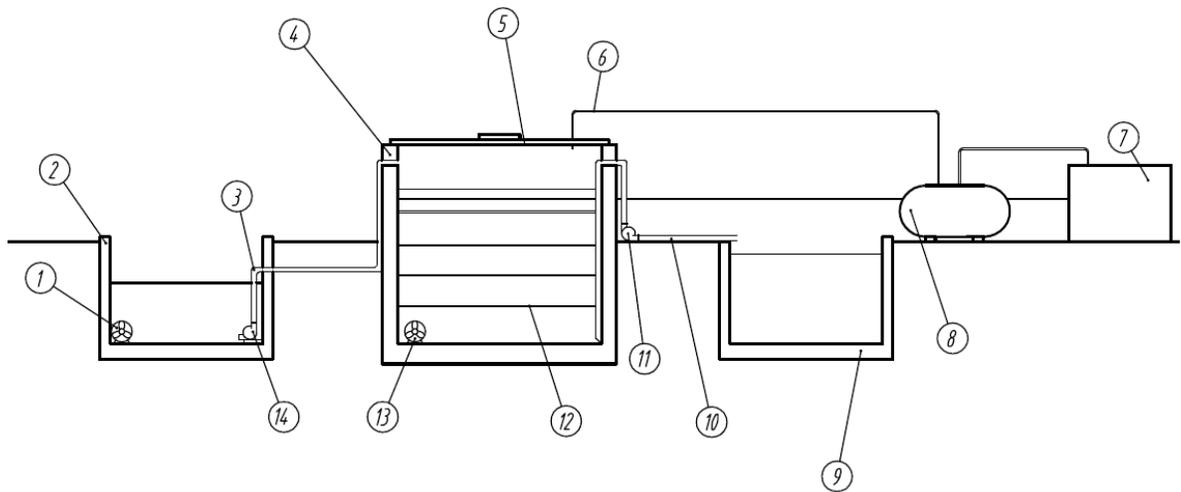


Figura 11: Esquema planta de biogás.1.Agitador, 2.Tanque de recolección, 3.Tubería de carga, 4.Digestor, 5.Cubierta digestor, 6.Tubería de biogás, 7. Motor cogenerador, 8.Acumulador de biogás, 9. Tanque de descarga, 10.Tubería de descarga, 11.Bomba de descarga, 12.Serpentín calefactor, 13.Agitador, 14.Bomba de carga de purines (Elaboración propia).

La planta piloto productora de electricidad a partir de biogás obtenido de la fermentación anaeróbica de purines de lechería se puede encasillar como una planta continua debido a que se carga diariamente con una cantidad determinada de purines y a la vez descarga esta misma cantidad de purines que ya han sido digeridos. Al mismo tiempo es una planta de mezcla completa porque el digestor es agitado para obtener una mezcla uniforme en su interior. Finalmente se puede clasificar como un digestor de una etapa, ya que la fermentación se lleva a cabo en una sola cámara.

El funcionamiento de la planta de biogás consiste en cargar el digestor diariamente con dos metros cúbicos de purines, los que son bombeados al digestor. Sin embargo, antes de introducir los purines, se extrae desde el interior del digestor la misma cantidad de estos ya fermentados durante 20 días.

Los purines que ingresan han sido agitados para que su consistencia sea lo más uniforme posible. En el interior del digestor los purines también son agitados intermitentemente.

La temperatura en el interior del digestor se encuentra alrededor de 35°C, esta temperatura se obtiene mediante el calentamiento de los purines por medio de un serpentín por cuyo interior circula agua caliente proveniente del motor cogenerador.

Bajo las condiciones de funcionamiento señaladas anteriormente y sumadas al motor cogenerador (SB 15K) utilizado se puede concluir que la producción de biogás sería de alrededor de los 25 metros cúbicos diarios. Con esta cantidad de biogás y utilizando el motor antes mencionado, se podría tener en funcionamiento esta unidad alrededor de 3 horas diarias. El motor cogenerador es capaz de producir una potencia eléctrica de 15 Kw y 39 Kw de potencia térmica.

4.4 Cálculo del volumen de purines generados.

Se realizara utilizando la ecuación 1(Página 28):

$$P = \frac{C_1 \cdot 41}{500}$$

Tabla 6: Valor de variables utilizadas para calcular el caudal.

Variable	Datos
Nº de animales	100
Peso (Kg./animal)	500
Estiércol (Kg./día/animal)	41
Días de ordeña	365
Horas de ordeña	6
Kg. Estiércol/6horas	6,9

Tabla 7: Estimación del caudal.

Variable	(m³ /día)
Purín sin diluir (orina + fecas)	1
Agua de lavado	1
Caudal	2

4.5 Dimensiones del digestor.

Las dimensiones del digestor deben ser tales que permitan almacenar los efluentes de lechería correspondientes a 20 días, que será el tiempo que los purines permanecerán en su interior. También se debe agregar un volumen correspondiente a un 20% del volumen total, que es el material inóculo del digestor.

Tabla 8: Volumen digestor.

Volumen de purines diarios (m ³)	2
Tiempo de retención (días)	20
Volumen purines (m ³)	40
Porcentaje volumen inóculo (%)	20
Volumen total digestor (m³)	48

Tabla 9: Dimensiones interiores del digestor.

Altura (m)	3,9
Diámetro(m)	4
Volumen digestor(m³)	48

4.6 Análisis de las necesidades de calor del digestor.

Para determinar la energía necesaria para el calentamiento de purines en el interior del digestor hasta alcanzar la temperatura deseada, se supone que el calor específico de la mayor parte de estos es el mismo que el agua. Metcalf y Eddy (1995) han comprobado que, a efectos de cálculo, esta hipótesis es aceptable. Los mismos autores señalan que las pérdidas de calor a través de las paredes, fondo y cubierta del digestor, se calculan utilizando la siguiente expresión:

$$Q = UA\Delta T \quad (2)$$

Donde:

Q: Pérdida de calor, (Kcal).

U: Coeficiente global de transmisión de calor del digestor, $\left(\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$

A: Área de la sección transversal a través de la cual se produce la pérdida de calor, (m^2)

ΔT : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, ($^\circ C$).

Es habitual considerar por separado las características de transferencia de calor de las diversas superficies, empleando coeficientes de transmisión diferentes para cada una de ellas.

El cálculo del calor necesario para calentar los efluentes de la lechería, se realizará mediante la siguiente expresión.

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (3)$$

Donde:

Q : Calor necesario para elevar temperatura de purines, (Kcal).

\dot{m} : Flujo másico, $\left(\frac{kg}{día}\right)$.

c_p : Calor específico, $\left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}\right)$

ΔT : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, ($^\circ C$).

4.7 Cálculo de pérdidas de calor del digestor.

Estas pérdidas se calcularán mediante la ecuación (2). A continuación se muestra un ejemplo de cálculo (Incropera, 1999):

$$Q = UA\Delta T$$

Pérdida en paredes sobre el suelo:

$$U = 4,049 \left(\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$$

$$A = 18,84 (m^2)$$

$$T_e = 11 (^\circ C)$$

$$T_i = 35 (^\circ C)$$

Reemplazando en la ecuación 2, se obtiene lo siguiente:

$$Q = 4,049 \cdot 18,84 \cdot (11 - 35)$$

$$Q = -1832,3 \left(\frac{Kcal}{h} \right)$$

Tabla 10: Pérdidas de calor del digestor.

	$U = \left(\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$	$A (m^2)$	$T_i (^\circ C)$	$T_e (^\circ C)$	$Q \left(\frac{Kcal}{h} \right)$
Pared sobre suelo	4,049	18,84	35	11	1832,3
Pared bajo suelo	0,5847	30,14	35	5	529,01
Base digestor	0,5847	12,56	35	5	220,47
Cubierta digestor	3,4135	12,56	35	11	1029,6
Total perdida					3611,38

La perdida total es 3611,38(Kcal/h)

Los valores correspondientes a U (Coeficiente global de transmisión de calor), fueron obtenidos de Metcalf y Eddy (1995).

4.8 Cálculo serpentín calefactor.

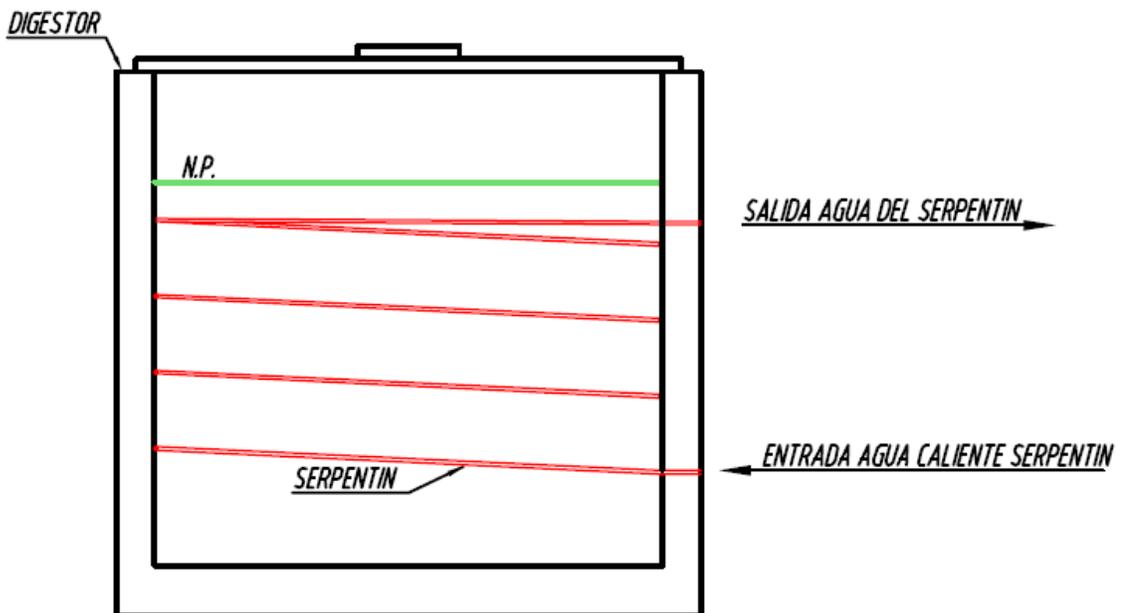


Figura 12: Serpentín calefactor (Elaboración propia).

El calor necesario para calefaccionar el digestor se entregará mediante el uso de tuberías de polipropileno reticulado, por las que en su interior circula agua caliente obtenida del motor cogenerador. Las tuberías mencionadas se instalarán en las paredes del digestor.

Los datos para calcular el serpentín son los siguientes:

Temperatura purines de entrada (t_1) = 10°C.

Temperatura purines de salida (t_2) = 35°C.

Medio calefactor (T_1) = Agua Caliente a 60°C.

Flujo másico de purines = 2052 Kg/día.

Aplicando la primera ley de termodinámica se puede decir que la cantidad de calor necesario está dada por (3):

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \left(\frac{Kcal}{dia} \right)$$

Donde:

$$Q = \text{Calor necesario a entregar} \left(\frac{Kcal}{dia} \right)$$

ΔT = Diferencial de temperatura entre la entrada y salida de purines (°C)

$$C_p = \text{Calor específico de los purines } 1,0038 \left(\frac{Kcal}{Kg^{\circ}C} \right)$$

Reemplazando en la ecuación (3) se tiene:

$$Q = 2052 \cdot 1,0038 \cdot (35 - 10) = 55615 \left(\frac{Kcal}{dia} \right)$$

Sin embargo, a esta necesidad de calor se debe agregar el calor necesario para cubrir las pérdidas del digestor. Por lo tanto el calor total a entregar es:

$$Q_{total} = Q_{purines} + Q_{Perdidas}$$

$$Q_{total} = 55615 + 86665 \left(\frac{Kcal}{dia} \right)$$

$$Q_{total} = 142280 \left(\frac{Kcal}{dia} \right) = 5930 \left(\frac{Kcal}{h} \right)$$

Se puede aplicar la ecuación (4) para intercambiadores de calor, al conjunto (serpentín) del aparato (Holman, 1998).

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta Tm \quad (4)$$

Donde

A = Superficie total de intercambio del aparato (m^2).

U = Coeficiente global de transmisión de calor $\left(\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right)$.

ΔTm = Diferencia de temperatura media entre los fluidos (LMTD) ($^\circ C$).

A continuación se debe calcular la diferencia logarítmica de temperatura media (LMTD) para el calentador (Hicks, 1998):

$$LMTD = \frac{G - L}{\ln\left(\frac{G}{L}\right)} \quad (5)$$

Donde:

$$G = (T_1 - t_1) = 60 - 10 = 50^\circ C$$

$$L = (T_1 - t_2) = 60 - 35 = 25^\circ C$$

Entonces la ecuación (5), LMTD es:

$$LMTD = \frac{50 - 25}{\ln\left(\frac{50}{25}\right)} = 34,7^\circ C$$

De la ecuación 4 despejamos el área total de intercambio (A), entonces:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_m}$$

Para obtener el valor de U , coeficiente global de transferencia de calor, se recurre al Manual de cálculos para ingeniería de Tyler Hicks. En dicho manual se establecen rangos de valores utilizados para este coeficiente, dependiendo de la naturaleza del intercambiador de calor así como también del fluido utilizado y las temperaturas de este. Con los datos de temperatura del agua utilizada y el tipo de intercambiador de esta situación en particular se obtiene el siguiente valor:

$$U = 39,7 \left(\frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right),$$

$$A = \frac{5930}{39,7 \cdot 34,7} = 4,3(m^2)$$

Para la construcción del serpentín se consideran tubos circulares de diámetro exterior de 0.0254 m, además se considera que el largo de cada tubo será igual al perímetro interior del digestor que es de 12,5m. Las tuberías de diámetro 0.0254 m y una longitud de 12,5m tienen un área de $1m^2$, por lo que se deben colocar cinco anillos de tuberías alrededor del digestor, sin embargo, se instalará un mayor número de anillos con la finalidad de tener mayor área de contacto de los purines con el calefactor.

El serpentín que se utilizará como by pass en caso de que sea necesario tendrá una longitud de 6 metros, debido a que su única función es la recirculación del agua de enfriamiento del motor. El material utilizado será similar al serpentín del interior del digestor.

4.9 Volumen tanque de recolección.

En la mayoría de las lecherías existe este tanque recolector y se denomina pozo purinero, por lo que este mismo será el que se utilizará como receptor de los purines de la lechería. El tanque de recolección tiene una capacidad de 12 m³, que permite la posibilidad de acumular los efluentes de la lechería por varios días en caso de algún problema con el digestor.

Sin embargo, se debe dotar con un agitador que permite homogenizar la mezcla. La elección del agitador se realiza mediante el software proporcionado por Flygt (Anexo 1).

4.10 Conducción de la mezcla.

Para enviar la mezcla desde el tanque de recolección al digestor se utilizará una bomba sumergible para aguas sucias con contenido de sólidos (Anexo 2),. La mezcla se conducirá al digestor mediante tubería de PVC. La extracción de purines del digestor también se realizará con una bomba, sin embargo esta será de superficie (Anexo 2).

Las bombas están encendidas solamente cuando el digestor se encuentra en fase de carga y descarga.

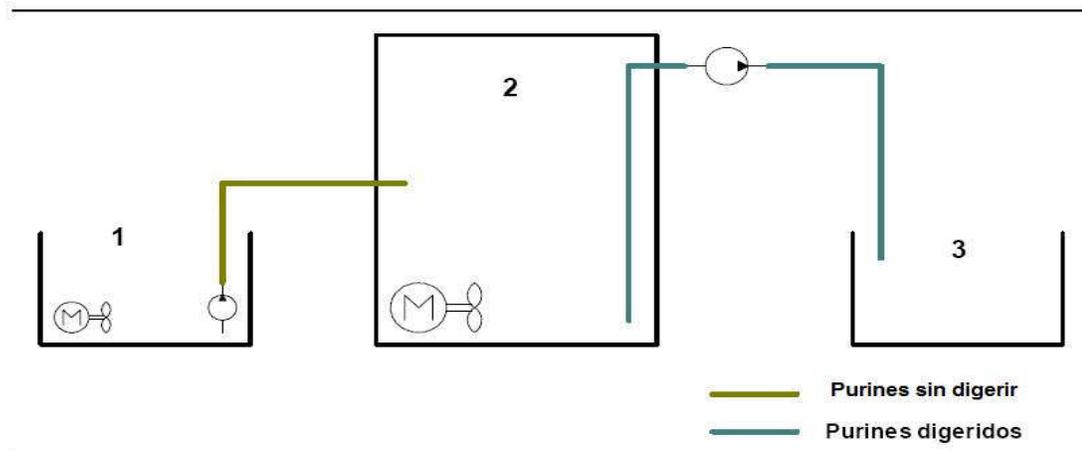


Figura 13: Diagrama de Flujo Purines.1.Tanque de recolección, 2.Digestor, 3.Tanque de efluentes (Elaboración propia).

4.11 Dimensiones digestor.

El material escogido para el digestor es hormigón armado, al igual que los tanques de recolección y el tanque de efluentes. Las características las encontramos en el Anexo 3. Las dimensiones del digestor son las siguientes.

Tabla 9: Dimensiones interiores del digestor

Altura (m)	3,9
Diámetro(m)	4
Volumen digestor(m³)	48

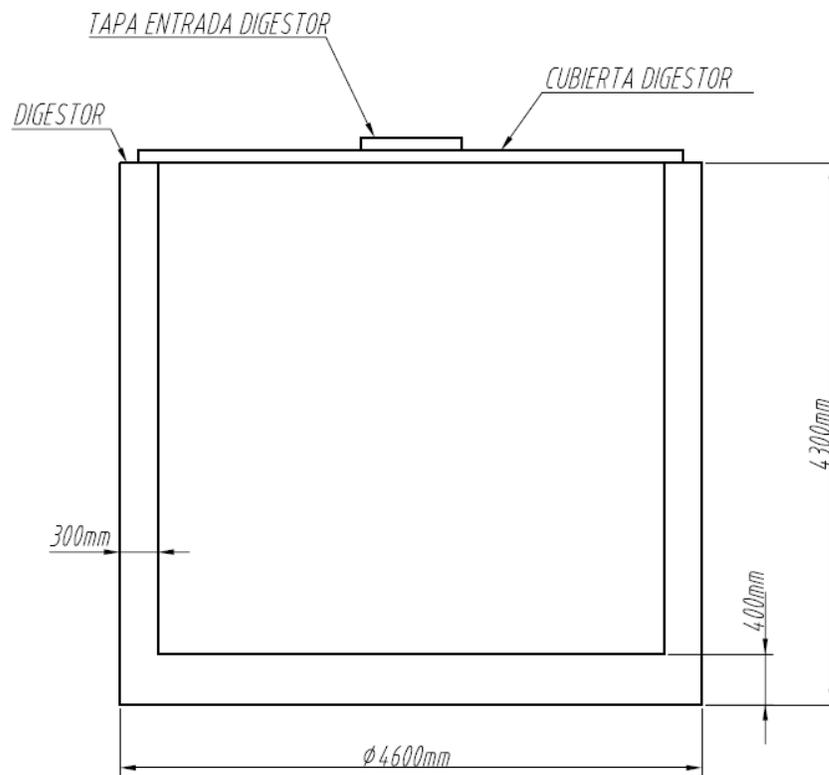


Figura 14: Dimensiones del digestor (Elaboración propia).

La base del digestor estará 2 metros bajo el nivel del suelo para evitar las pérdidas de calor, al utilizar el suelo como aislante.

La cúpula estará formada por una pared de planchas de acero de 6mm. En la cúpula del digestor se considera una claraboya que permita entrar al digestor para las tareas de mantenimiento.

Se debe instalar un agitador sumergible en el interior con la finalidad de mover la carga y evitar la formación de costras, la selección de este agitador se realizará de la misma forma en que se hizo con el que se instalará en el tanque de recolección (Anexo 1).

Para calefaccionar la carga se instalarán en la cara interior de las paredes laterales del digestor tuberías de polietileno reticulado de 0.0254m (Anexo 4) por las que en su interior circula agua caliente proveniente del motor cogenerador, estas formaran un espiral en el digestor. Se cubrirá con estas tuberías una altura de 2,5 metros, con la finalidad de tener una mayor área de contacto con los purines y calentarlos más rápido. Cabe señalar que se debe evitar que la superficies de las tuberías tengan una temperatura superior a los 35° para evitar la muerte de las bacterias mesofílicas.

4.12 Acumulador de gas.

Este acumulador permitirá acumular biogás, para ser utilizado cuando sea necesario alimentar el motor cogenerador. Las características del acumulador se detallan en el Anexo 5.

4.13 Filtro para Acido Sulfhídrico.

Este dispositivo es un recipiente relleno con virutas de hierro, el cual forma un filtro poroso por donde circula el gas que reacciona con el metal depositándose así su contenido de ácido sulfhídrico.

El filtro se construirá de PVC para evitar la corrosión, el filtro debe ser completamente hermético.

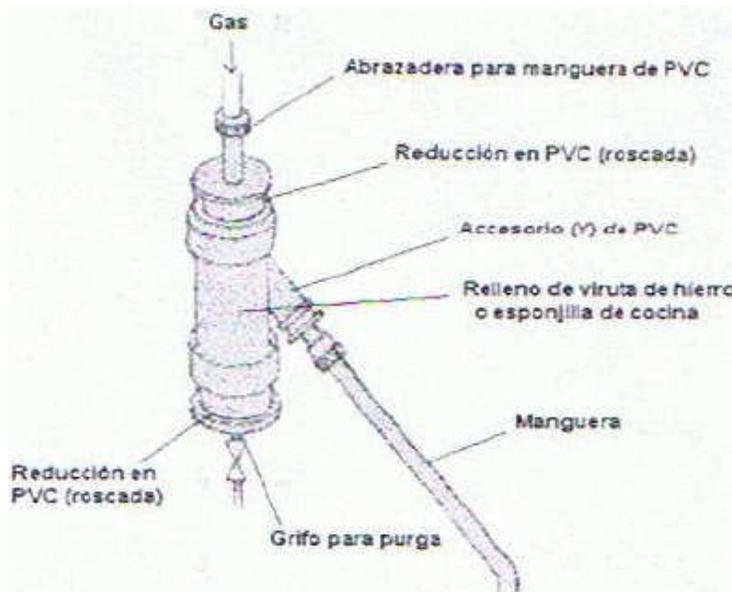


Figura 15: Filtro para ácido sulfhídrico (Cofré, 2001).

4.14 Conducción del biogás.

La conducción del biogás desde el digestor al acumulador de gas será por medio de una tubería de 0.0254m de duratec para gas; esta misma se utilizará para alimentar con biogás el motor cogenerador.

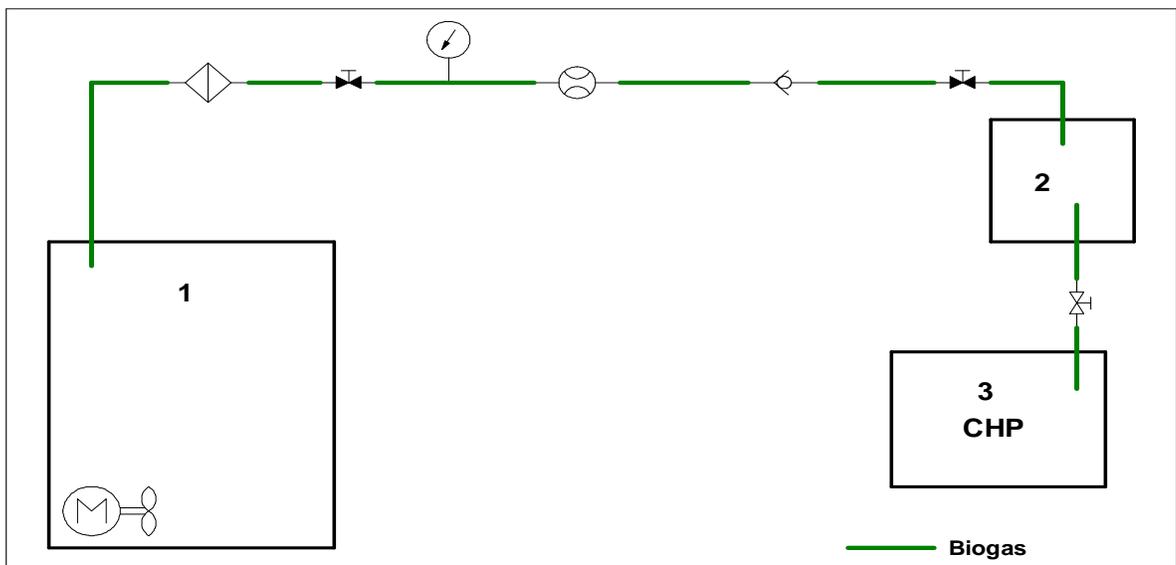


Figura 16: Diagrama flujo Biogás. 1. Digestor, 2. Acumulador de biogás, 3. Motor cogenerador (Elaboración propia).

4.15 Motor cogenerador.

Para la producción de electricidad y agua caliente, se seleccionó el motor cogenerador SB 15 K (Anexo 7). Tiene la capacidad de generar 15 Kw eléctricos y 39 Kw térmicos. Además permite una conexión a la red eléctrica y funcionamiento cuando se estime conveniente.

4.16 Control.

Como instrumento de control se utilizará un PLC, las entradas serán sensor de nivel de purines en el digestor, sensor de nivel en el tanque de purines (estas señales permitirán el vaciado del tanque de purines en el digestor); sensor de presión de biogás a la salida del digestor (señal que es registrada constantemente para identificar cambios bruscos de presión que indicarían fugas); medidor de flujo en las tuberías de gas entre el digestor y el acumulador de biogás para conocer el volumen de gas producido; sensor de temperatura en el digestor que permite controlar la temperatura interior en 37°C y así evitar la muerte de bacterias mesofílicas, en caso que la temperatura se eleve fuera de los márgenes el agua se ira a un by pass que la hará recircular por fuera del digestor. Todo el sistema de control es manejado desde la estación de trabajo (Anexo 8).

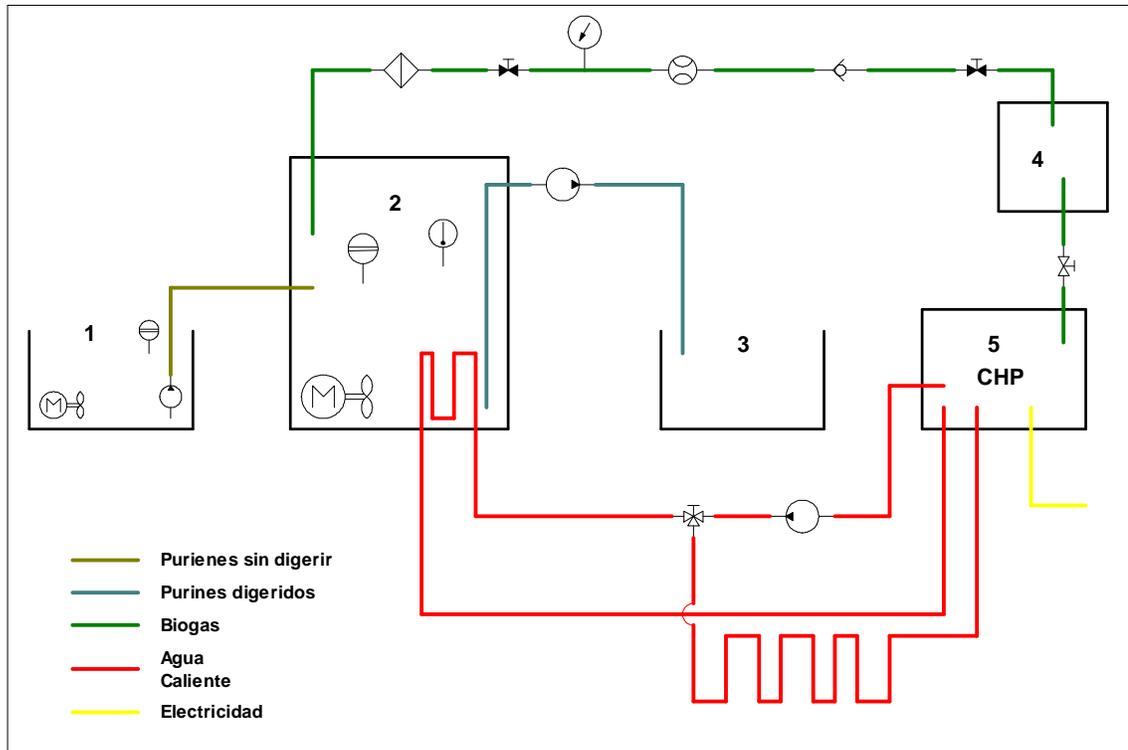


Figura 17: Diagrama control. 1.Tanque de recolección, 2.Digestor, 3.Tanque de efluentes, 4.Acumulador de biogás, 5.Motor cogenerador (Elaboración propia)

4.17 Plan de mantenimiento.

El mantenimiento de la planta piloto será preventivo en primera instancia y si este llega a fallar se utilizará mantenimiento correctivo.

La frecuencia de las tareas de mantenimiento se estableció por recomendaciones de los fabricantes de los distintos componentes. Las tareas contempladas son las siguientes.

a) Bomba centrífuga y bomba sumergible: Las inspecciones se realizarán cada seis meses.

- Inspección completa de las partes estacionarias.
- Reemplazo de sellos y rodamientos cada 12 meses.
- Inspección de todas las partes que se encuentren expuestas a roce y corrosión.

- Revisar la succión y la descarga. (Revisión semanal)
- Verificar nivel de lubricantes.
- Lubricación.
- Controlar consumo de corriente con el amperímetro.

b) Agitadores de tanque de recolección y del digestor: Revisiones cada seis y 12 meses.

- Inspección visual y limpieza (una vez al mes cuando es posible).
- Controlar consumo de corriente con el amperímetro (cada seis meses).
- Verificar nivel de lubricante (mensualmente).
- Comprobar la resistencia del aislamiento (cada 12 meses).
- Revisar el estado de la hélice (cada 12 meses).
- Reemplazo de sellos y rodamientos (cada 12 meses).
- Inspección del cuerpo del agitador y la tortillería (cada 12 meses).

c) Cubierta del digestor:

- Revisión de pernos de anclaje y sello de hermeticidad (mensualmente).
- Pintar exteriormente e interiormente (cada 12 meses).

d) Ductos:

- Revisión de todas las tuberías (mensualmente).
- Revisión de las juntas (mensualmente).
- Revisión serpentín (cada 12 meses).

e) Válvulas:

- Revisión de todas las válvulas y reemplazo si fuese necesario (mensualmente).

f) Filtros.

- Reemplazo de filtro de óxido de hierro (mensualmente).
- Reemplazo de filtros del cogenerador (cada seis meses).

g) Co-generador:

- Inspección nivel de lubricante (semanalmente).
- Reemplazo lubricante y filtros (cada seis meses).
- Inspección de todas sus partes (cada seis meses).

h) Digestor: Se realizará una revisión de su interior una vez al año, lo que significa que habrá una detención en la producción de biogás. Las actividades contempladas son las siguientes.

- Vaciado completo del digestor.
- Limpieza interior.
- Pintura interior de la cúpula.
- Revisión agitador.
- Inspección y limpieza serpentín.

CAPITULO V EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 Flujo de caja.

Para realizar la evaluación económica se elaboró un flujo de caja, en este se incluyeron la inversión inicial, ingresos, egresos, depreciación de componentes e impuestos aplicables a esta evaluación. La evaluación económica se hizo por 12 años y en periodos de seis meses.

	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7	T=8
INGRESOS		\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120
Energía eléctrica		\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120
Bioahorro		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
EGRESOS		\$ 1.798.357	\$ 1.958.357	\$ 1.798.357	\$ 1.958.357	\$ 1.500.232	\$ 1.660.232	\$ 1.040.732	\$ 1.300.732
Mantenimiento Equipos		\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 400.000
Sueldo Operario		\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000
Agua		\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000
Gastos administrativos		\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
(-) Depreciación de equipos (lineal)		\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.110.232	\$ 1.110.232	\$ 650.732	\$ 650.732
INVERSION INICIAL	\$ 35.274.474								
a) Generador Eléctrico	\$ 4.105.920								
b) Bombas y agitadores.	\$ 4.310.630								
c) Infraestructura (Obras civiles)	\$ 22.084.122								
d) Sistema Eléctrico	\$ 338.000								
e) Control automático.	\$ 1.821.399								
f) Cubierta	\$ 626.600								
g) Acumulador de gas	\$ 1.590.000								
h) tuberías	\$ 197.500								
Resultado Operacional afecto a Impuesto (17%)		\$ 16.763	\$ -143.237	\$ 16.763	\$ -143.237	\$ 314.888	\$ 154.888	\$ 774.388	\$ 514.388
Renta líquida imponible		\$ 16.763	\$ -126.474	\$ -109.711	\$ -252.948	\$ 61.940	\$ 216.628	\$ 991.216	\$ 1.505.604
(-) Impuestos (17%)		\$ 2.850	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 53.531	\$ 26.331	\$ 131.646	\$ 87.446
Resultado Operacional despues de Impto		\$ 13.913	\$ -143.237	\$ 16.763	\$ -143.237	\$ 261.357	\$ 128.557	\$ 642.742	\$ 426.942
(-) Depreciación del ejercicio		\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.408.357	\$ 1.110.232	\$ 1.110.232	\$ 650.732	\$ 650.732
Utilidad Neta o Flujo de Caja	\$ -35.274.474	\$ 1.422.270	\$ 1.265.120	\$ 1.425.120	\$ 1.265.120	\$ 1.371.589	\$ 1.238.789	\$ 1.293.474	\$ 1.077.674
VPN (Valor Presente Neto)	\$ 1.269.884	\$ 1.008.546	\$ 1.014.372	\$ 804.007	\$ 778.276	\$ 627.609	\$ 585.102	\$ 435.254	

Tasa de descuento:	12%
VAN	\$ -25.418.328
TIR	-1,54%

Nota: En rojo valores negativos.

	T=0	T=9	T=10	T=11	T=12	T=13	T=14	T=15	T=16
	0	9	10	11	12	13	14	15	16
INGRESOS		\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120
Energía eléctrica		\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120
Bioabono		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
EGRESOS		\$ 1.040.732	\$ 1.200.732	\$ 732.788	\$ 892.788	\$ 720.444	\$ 880.444	\$ 720.444	\$ 980.444
Mantenimiento Equipos		\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 400.000
Sueldo Operario		\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000
Agua		\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000
Gastos administrativos		\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
(-) Depreciación de equipos (lineal)		\$ 650.732	\$ 650.732	\$ 342.788	\$ 342.788	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444
INVERSION INICIAL		\$ 35.274.171							
a) Generador Eléctrico		\$ 4.105.920							
b) Bombas y agitadores.		\$ 4.310.630							
c) Infraestructura (Obras civiles)		\$ 22.084.122							
d) Sistema Eléctrico		\$ 338.000							
e) Control automático.		\$ 1.821.399							
f) Cubierta		\$ 826.600							
g) Acumulador de gas		\$ 1.590.000							
h) tuberías		\$ 197.500							
Resultado Operacional afecto a Impuesto (17%)		\$ 774.388	\$ 614.388	\$ 1.082.332	\$ 922.332	\$ 1.094.676	\$ 934.676	\$ 1.094.676	\$ 834.676
Renta líquida imponible		\$ 2.279.992	\$ 2.894.380	\$ 3.976.712	\$ 4.899.044	\$ 5.993.720	\$ 6.928.396	\$ 8.023.072	\$ 8.857.748
(-) Impuestos (17%)		\$ 131.646	\$ 104.446	\$ 183.996	\$ 156.796	\$ 186.095	\$ 158.895	\$ 186.095	\$ 141.895
Resultado Operacional despues de Impto		\$ 642.742	\$ 509.942	\$ 898.336	\$ 765.536	\$ 908.581	\$ 775.781	\$ 908.581	\$ 692.781
(-) Depreciación del ejercicio		\$ 650.732	\$ 650.732	\$ 342.788	\$ 342.788	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444
Utilidad Neta o Flujo de Caja		-\$ 35.274.171	\$ 1.293.474	\$ 1.160.674	\$ 1.241.124	\$ 1.108.324	\$ 1.239.025	\$ 1.106.225	\$ 1.239.025
VPN (Valor Presente Neto)		\$ 466.440	\$ 373.706	\$ 356.793	\$ 284.479	\$ 283.953	\$ 226.356	\$ 226.365	\$ 166.910
Tasa de descuento:		12%							
VAN		-\$ 25.418.328							
TIR		-1,54%							

	T=0	T=17	T=18	T=19	T=20	T=21	T=22	T=23	T=24
	0	17	18	19	20	21	22	23	24
INGRESOS		\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120	\$ 1.815.120
Energía eléctrica		\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120	\$ 915.120
Bioabono		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
EGRESOS		\$ 720.444	\$ 880.444	\$ 720.444	\$ 880.444	\$ 720.444	\$ 880.444	\$ 720.444	\$ 980.444
Mantenimiento Equipos		\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 300.000	\$ 140.000	\$ 400.000
Sueldo Operario		\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000	\$ 200.000
Agua		\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 20.000
Gastos administrativos		\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
(-) Depreciación de equipos (lineal)		\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444
INVERSION INICIAL		\$ 35.274.171							
a) Generador Eléctrico		\$ 4.105.920							
b) Bombas y agitadores.		\$ 4.310.630							
c) Infraestructura (Obras civiles)		\$ 22.084.122							
d) Sistema Eléctrico		\$ 338.000							
e) Control automático.		\$ 1.821.399							
f) Cubierta		\$ 826.600							
g) Acumulador de gas		\$ 1.590.000							
h) tuberías		\$ 197.500							
Resultado Operacional afecto a Impuesto (17%)		\$ 1.094.676	\$ 934.676	\$ 1.094.676	\$ 934.676	\$ 1.094.676	\$ 934.676	\$ 1.094.676	\$ 834.676
Renta líquida imponible		\$ 9.952.424	\$ 10.887.100	\$ 11.981.776	\$ 12.916.452	\$ 14.011.128	\$ 14.945.804	\$ 16.040.480	\$ 16.875.156
(-) Impuestos (17%)		\$ 186.095	\$ 158.895	\$ 186.095	\$ 158.895	\$ 186.095	\$ 158.895	\$ 186.095	\$ 141.895
Resultado Operacional despues de Impto		\$ 908.581	\$ 775.781	\$ 908.581	\$ 775.781	\$ 908.581	\$ 775.781	\$ 908.581	\$ 692.781
(-) Depreciación del ejercicio		\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444	\$ 330.444
Utilidad Neta o Flujo de Caja		-\$ 35.274.171	\$ 1.239.025	\$ 1.106.225	\$ 1.239.025	\$ 1.106.225	\$ 1.239.025	\$ 1.106.225	\$ 1.239.025
VPN (Valor Presente Neto)		\$ 180.457	\$ 143.853	\$ 143.859	\$ 114.679	\$ 114.684	\$ 91.421	\$ 91.425	\$ 67.412
Tasa de descuento:		12%							
VAN		-\$ 25.418.328							
TIR		-1,54%							

Figura 18: Flujo de caja (Elaboración propia).

Los ingresos que se tomaron en cuenta son los obtenidos por la generación de electricidad y para esto se considero una producción diaria de 41 Kw diarios a un valor estimado según tarifas de Sociedad Austral de Electricidad S.A, de \$124 por Kwh . El otro ingreso considerado fue la venta de bioabono, en este caso se considero la producción de 1m³ diario y el precio de venta es de \$5000 (precio promedio del mercado).

En el caso de egresos se considero los gastos por sueldo al operario, gastos administrativos, gastos operacionales, la mantención de los equipos y su depreciación. La depreciación utilizada para este caso fue una depreciación acelerada y se considero un valor residual de un 25% de la inversión inicial, los años de vida útil fueron obtenidos de la Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo fijo o inmovilizado, otorgada por el Servicio de Impuestos Internos. La depreciación se calculo con la siguiente expresión (Sapag, 1989):

$$D = \frac{C - V_r}{T} \quad (8)$$

Donde:

D: Depreciación.

C: Costo.

V_r: Valor residual.

T: Número de periodos.

En lo que respecta a inversión inicial se considero el costo que tienen los componentes más importantes de esta instalación como son: cogenerador, bombas y agitadores, obras civiles, sistema eléctrico, sistema de control automático, cubierta, acumulador de gas y tuberías.

Además el proyecto grava el impuesto a la renta de primera categoría que corresponde a un 17% de la renta proveniente del capital obtenido por la empresa (SII).

La tasa de descuento considerada fue de un 12% recomendada para este tipo de proyectos por Dumontt (1998).

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se consideraron dos criterios económicos que son VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). Las expresiones para obtener estos indicadores son los siguientes.

-VAN:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FNO}{(1+i)^j} - I_0 \quad (9)$$

Donde:

FNO (Flujo Neto Operacional): Ingresos – Egresos.

i: Tasa de descuento.

N: Número de periodos.

I₀: Inversión inicial.

-TIR:

$$VAN = 0 \Rightarrow \sum_{j=1}^n \frac{FNO}{(1+i)^j} = I_0 \quad (10)$$

Donde:

TIR: $(1+i)^n$

Los valores obtenidos son VAN \$-25.418.328 y TIR -1.54%, según el flujo de caja para un periodo de 12 años.

5.2 Escenario real

El escenario real es el que esta determinado por todas las condiciones antes mencionadas en el flujo de caja.

A continuación se muestra una grafica del comportamiento del VAN.

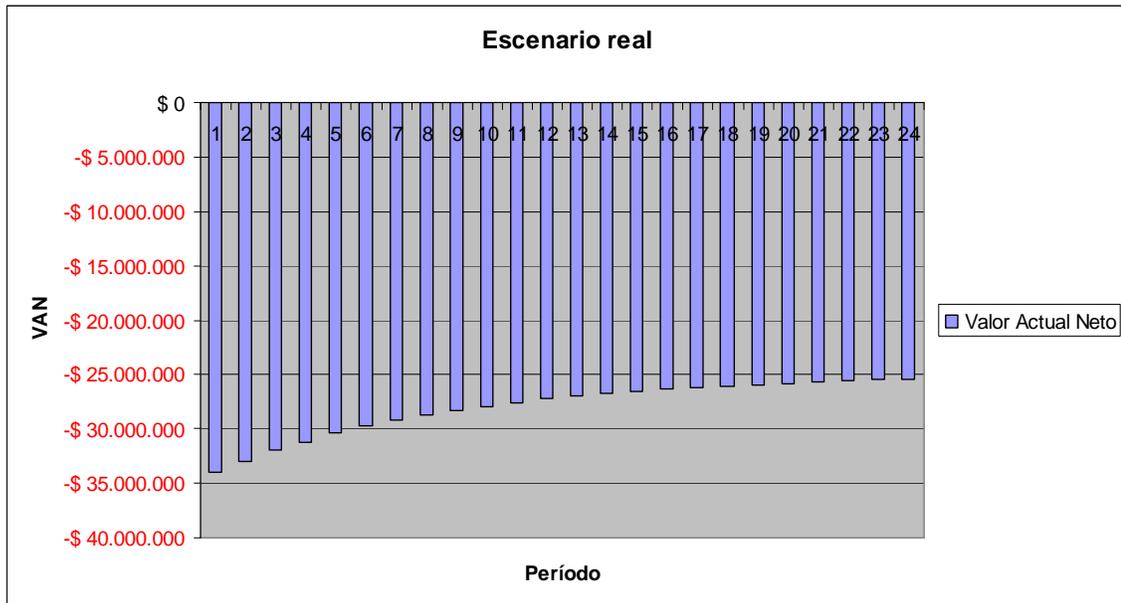


Figura 19: Gráfico VAN escenario real (Elaboración propia).

5.3 Escenario optimista.

El proyecto se encintrara en un escenario optimista suponiendo que exista un 30% de subsidio por parte del estado, para inversión inicial. El periodo de evaluación serán 12 años.

De esta manera el comportamiento del VAN se puede observar en la figura siguiente.

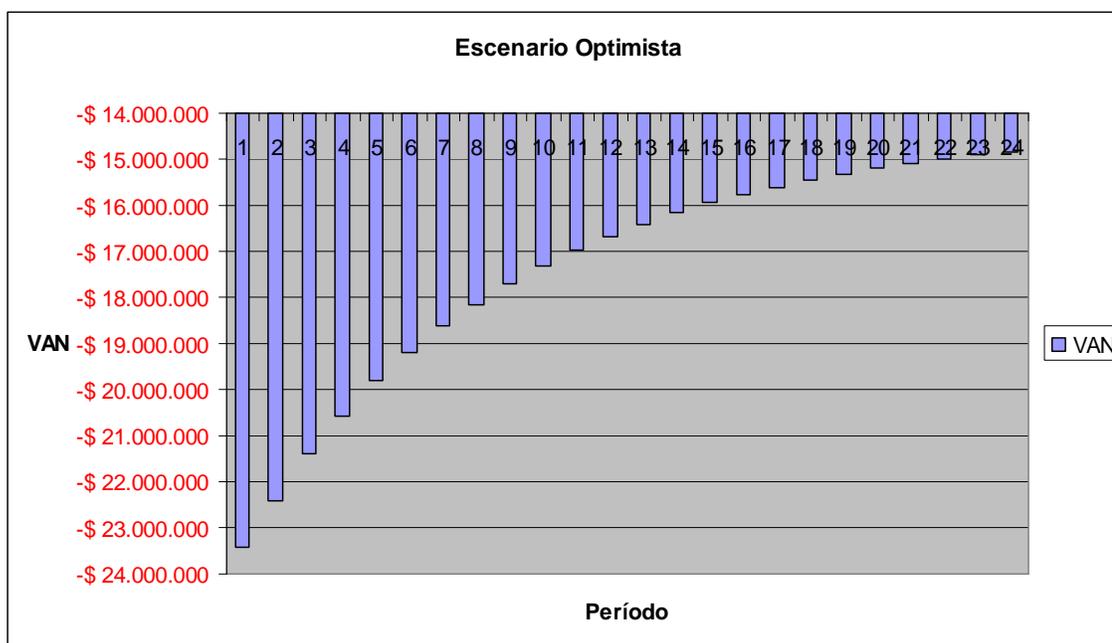


Figura 20: Gráfico VAN escenario optimista (Elaboración propia).

De la figura anterior podemos concluir que en estas condiciones el proyecto posee una mejor rentabilidad. En este escenario optimista el VAN es -\$14.836.077.

5.4 Análisis de Sensibilidad.

Los análisis de sensibilidad se efectuarán en ambos escenarios, es decir, el escenario real y el escenario optimista.

- Sensibilidad al número de periodos de inversión:

Para realizar este análisis se consideró aumentar el periodo de inversión en 12 años, llegando a un total de 21 años.

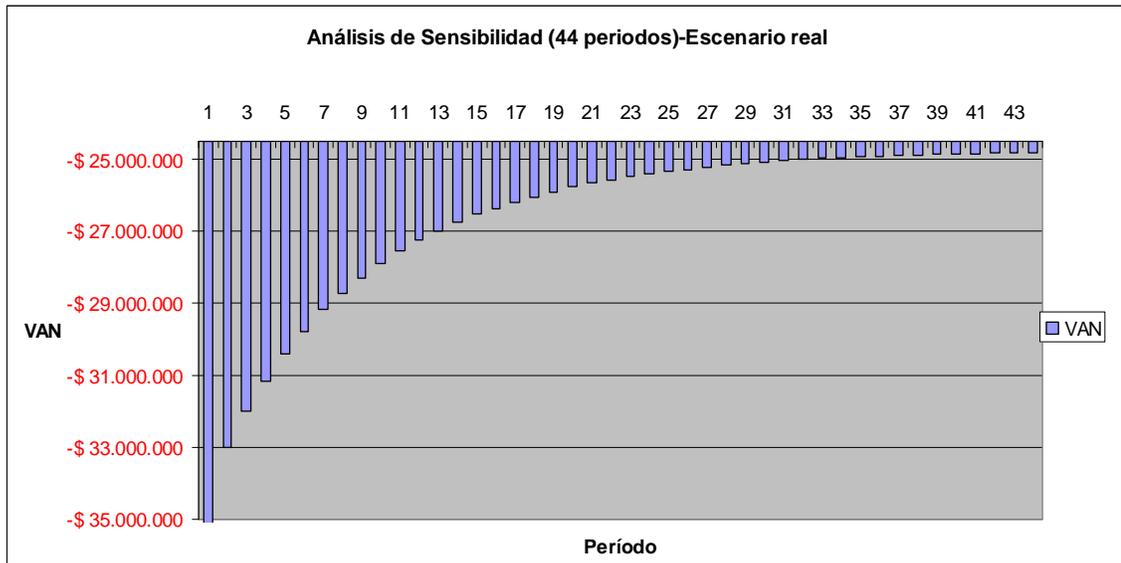


Figura 21: Gráfico sensibilidad VAN analizado en 44 periodos, escenario real (Elaboración propia).

El VAN obtenido para este periodo de evaluación es -\$24.818.802. Cifra que no tiene mucha diferencia con el VAN obtenido en un periodo de 12 años. Por lo que no es un factor relevante en la mejora de la rentabilidad de este proyecto.

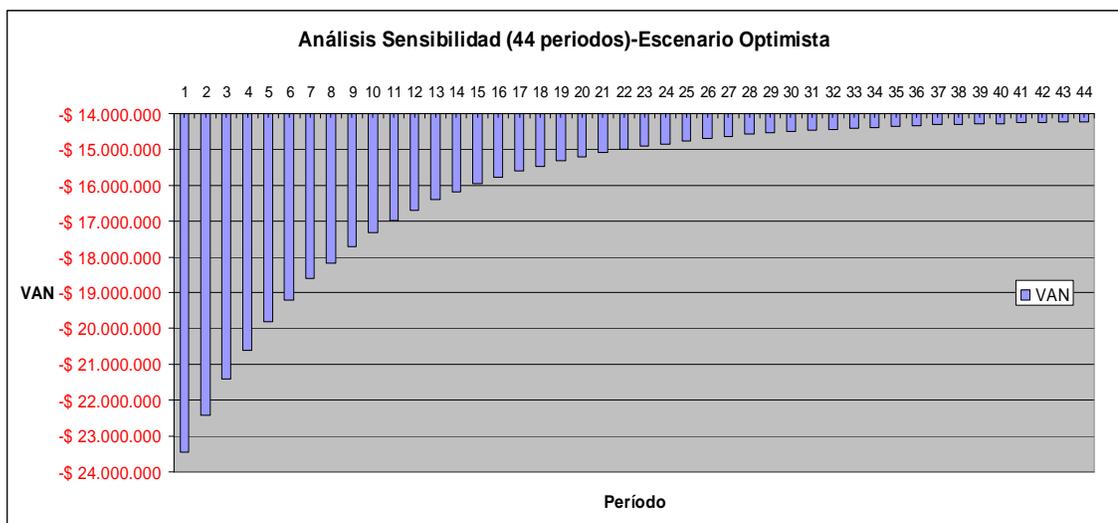


Figura 22: Gráfico sensibilidad VAN analizado en 44 periodos, escenario optimista (Elaboración propia).

En el escenario optimista el VAN es -\$14.236.551. Valor que tampoco dista mucho del VAN obtenido en el mismo escenario evaluado en 12 años.

De esta manera se puede concluir que aumentar el número de periodos de inversión, no es una solución para mejorar la rentabilidad.

-Sensibilidad al aumento de los ingresos.

En este análisis de sensibilidad se aumentara en un 8% el precio de la energía eléctrica y en un 5% el precio de venta del bioabono.

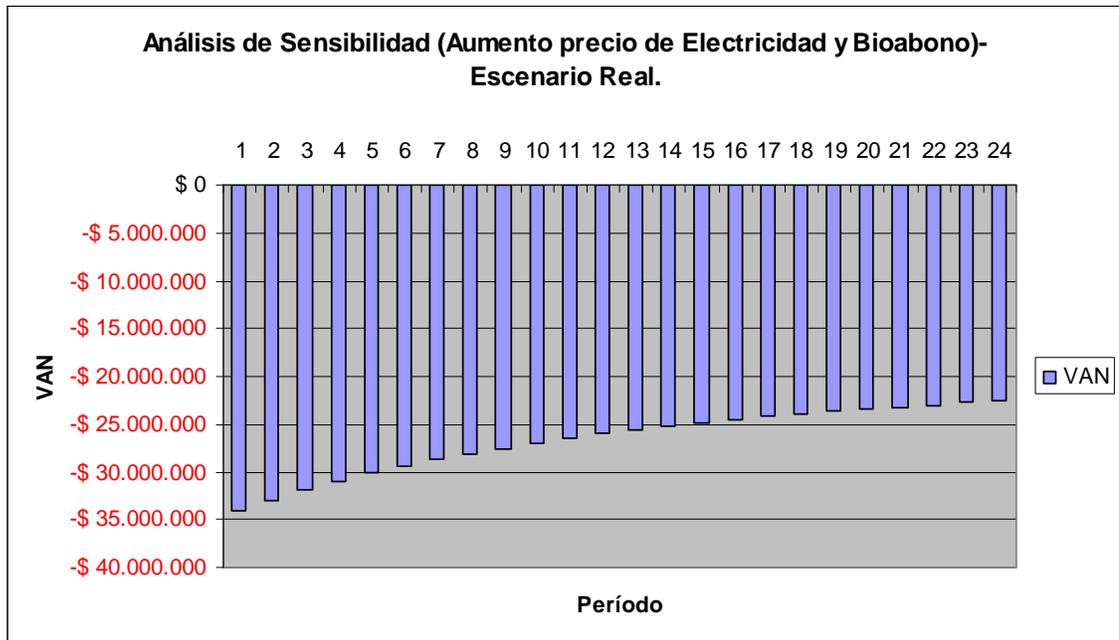


Figura 23: Gráfico sensibilidad VAN analizado con aumento de ingresos, escenario real (Elaboración propia).

En este caso el VAN es -\$22.605.788. Si bien es menor al del escenario real, es una variación muy baja para ser tomada en cuenta por si sola.

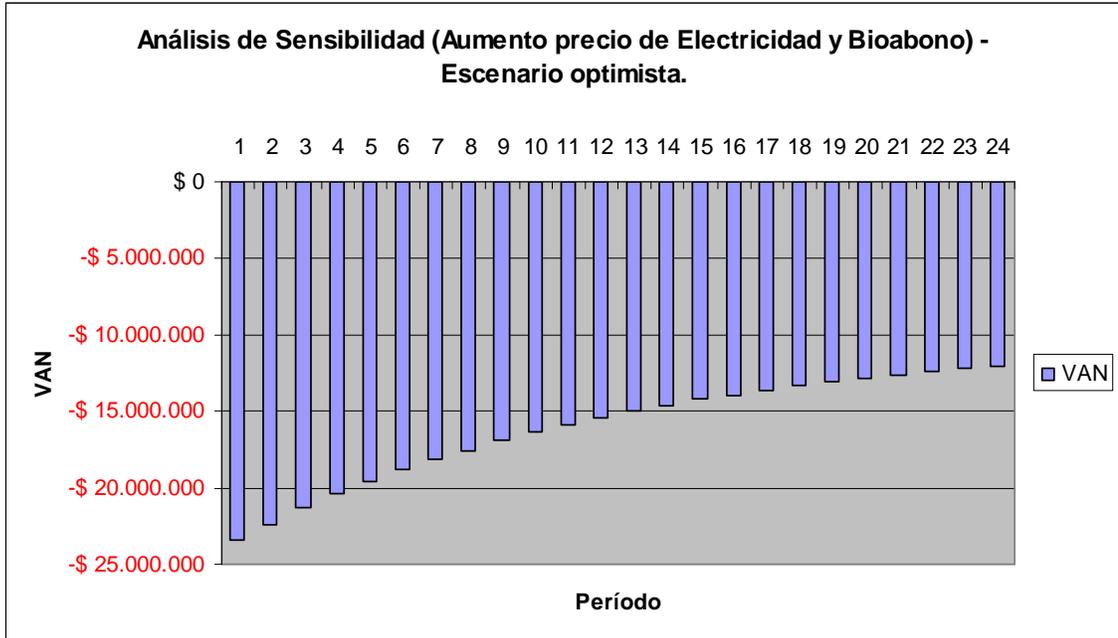


Figura 24: Gráfico sensibilidad VAN analizado con aumento de ingresos, escenario optimista (Elaboración propia).

El VAN que resulta después de este análisis es -\$12.023.537. Por lo que se puede inferir que aumentando los ingresos y recibiendo un subsidio para la inversión inicial se puede obtener un proyecto con mejor rentabilidad.

Con los valores del VAN y TIR obtenidos se puede acotar que a pesar de que con un subsidio podría hacer rentable una planta de biogás obtenido de una lechería de cien vacas, creo que sería más beneficioso realizar esta fuerte inversión para lecherías con planteles de vacas más grandes. Además cuando se aumentan los ingresos por electricidad y bioabono mejoran considerablemente estos indicadores, por lo tanto, al tener una planta de mayores dimensiones estos ingresos serían mayores, a pesar que la inversión inicial sería mayor.

CONCLUSIONES

1.- Se determinó claramente cuales son las variables que influyen en el dimensionamiento de una planta de biogás, destacando entre ellas el tiempo de retención y la temperatura de funcionamiento. Con estos datos se pueden diseñar y seleccionar los componentes adecuados para la planta.

2.- Se puede concluir que la digestión anaeróbica de residuos de lechería (purines) es un proceso potente para la generación de energía eléctrica y calórica, además de la obtención de fertilizantes orgánicos con mencionado proceso. Es importante mencionar además, que este proceso contribuye a disminuir la contaminación ambiental producida por los desechos generados en las lechería y predios de engorda, que es uno de los principales problemas generados de esta actividad

3.- Según las estimaciones realizadas en el presente trabajo, no es posible obtener la independencia eléctrica de la lechería debido a que no se cubre las necesidades totales de consumo eléctrico. Sin embargo, a diferencia de otras energías renovables el biogás puede ser fácilmente almacenado y la energía proveniente de él puede ser producida convenientemente acorde a la situación particular del productor, es por esto que la producción de electricidad podría ser utilizada en horarios en que el costo de energía eléctrica tiene un mayor precio.

4.- Después de realizar el análisis financiero y obtener los indicadores financieros VAN y TIR, se concluye que el proyecto no es económicamente viable, sin embargo, esto podría cambiar utilizando co-fermentadores que aumentarían la producción de biogás. Además si existiera un real apoyo del gobierno como un subsidio a la inversión en infraestructura, el proyecto podría llegar a ser rentable. También se debe considerar que en este análisis financiero no se dio un valor económico a los innumerables beneficios ambientales de esta tecnología.

5.- Es posible obtener un beneficio económico al producir biogás en la agricultura debido al ahorro obtenido de la disminución de la aplicación de fertilizantes minerales, al utilizar en su reemplazo el bioabono obtenido de la digestión anaeróbica.

7.- La energía calórica generada puede utilizarse como calefacción para viviendas, invernaderos, establos, queserías, etc. Punto que no fue tomado en consideración en el análisis financiero.

8.- El sector lechero, ubicado principalmente en la zona sur de Chile posee un gran potencial energético en los residuos generados por la actividad. Además de beneficios energéticos estos residuos al ser utilizados en digestión anaeróbica, se obtendrían beneficios ecológicos y sociales.

BIBLIOGRAFIA

- ALAMOS A.2004. Evaluación de la producción estacional de leche en la décima región sur. Pontificia Universidad Católica de Chile. DEAUC Consultores. Disponible en (http://www.soprole.cl/adm/incjs/download.asp?glb_cod_nodo=20050728125854&hdd_nom_archivo=ProduccionEstacional%20PUC.pdf, consultado el)
- BIOVEC. Tipología de plantas de Biogás. (Disponible en <http://www.biovec.net/modelos.pdf>, consultado el 12 de junio de 2007)
- BRAVO G.,J.P. 1992. Construcción de un biodigestor de Ferrocemento. Tesis Constructor Civil, Valdivia, Univ, Austral de Chile, Fac. Cien. Ing.
- COFRE H.,C.M. 2001.Guía para la construcción de una planta de biogás; alimentado con lodos residuales de la industria carnea. Tesis Constructor Civil. Valdivia, Univ. Austral de Chile, Fac. Cien. Ing.
- CONTRERAS R., VILCHES R. 2007. Diseño de un Sistema de Manejo y Utilización de Purines en Predios de Engorda Bovina Intensiva, Basado en Estudio de Casos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DUMONT J.C.1998. Producción, Manejo y Utilización de Purines y Efluentes de Lechería. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Remehue N°63.
- GONZÁLES Y., SANDOVAL S. 2005. Diseños de Sistemas de Tratamiento y Aprovechamiento de Purines de Origen Bovino. Tesis Licenciado de las Ciencias de la Ingeniería. Temuco. Universidad de La Frontera.

HICKS ,T. 1998. Manual de Cálculos para las Ingenierías. Tomo 2. 3^{era} Edición. Editorial Mc Graw Hill.

HILBERT J.2003. Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural. Disponible en
(<http://ar.geocities.com/ingarielalejandrogomez/manualbiogas.pdf>,
consultado el 24 de octubre de 2007)

HOLMAN, J.P. 1998. Transferencia de Calor.8^{ava} Edición. Editorial Mc Graw Hill.

INCROPERA ,F.y DE WITT, D. 1999. Fundamentos de la Transferencia de Calor. Editorial Prentice Hall.

KAISER, F., BAS, F. y GRONAUER, A. 2002. Producción de biogás a partir de guano animal: el caso de Alemania .Revista Agronomía y Forestal UC . N°16. Año 2002. Págs. 5 – 16. Santiago, Chile. Disponible en :
(<http://www.uc.cl/agronomiacextension/RevistaEdiciones/16/tecnologia.pdf>,consultado el 11 de octubre de 2007).

KAISER, F. y PÓVEZ, A. 2005. Las Virtudes del Biogas. Revista Agronomía y Forestal UC. N°26. Año 2005. Págs. 29 – 31. Santiago, Chile. Disponible en: (www.puc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/26/pag29-31.pdf,consultado el 22 de junio de 2007.)

MANTILLA, J., DUQUE C.,y GALEANO, C. 2007. Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. Revista Ingeniería e Investigación. Vol 27. N°3. Disponible en
(http://www.revistaingenieria.unal.edu.co/Resumenes/27_3/planta%20de

%20biogas%20con%20residuos%20organicos%20ganado.pdf,
consultado 15 de enero del 2008)

METCALF Y EDDY.1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Vol. 1 y 2. Editorial
Mc Graw Hill.

SAG.2001.Guía de manejo y buenas prácticas para el sector lechero de la zona
central. Disponible en
[http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG_SAG_BIBLIOTECA/BIBL
_MEDAMB/BIBLIO_MA_GAMB/BIBLIO_MA_GAMB_DOCS/GUIA_MAN
EJO_BPA_LECHEROS_ZONA_CENTRAL.PDF](http://www.sag.gob.cl/pls/portal/docs/PAGE/PG_SAG_BIBLIOTECA/BIBL_MEDAMB/BIBLIO_MA_GAMB/BIBLIO_MA_GAMB_DOCS/GUIA_MANEJO_BPA_LECHEROS_ZONA_CENTRAL.PDF), consultado 11 de
octubre del 2007.)

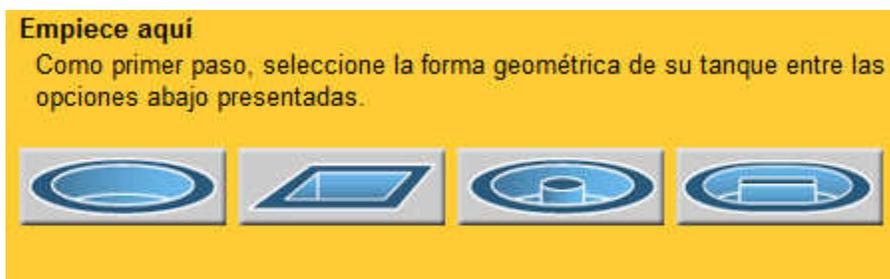
SALAZAR, F., DUMONT, J.C., SANTANA, M., PAIN, B., CHADWICK, D. y
OWEN, D.2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de
lecherías del sur de Chile. Archivos de Medicina Veterinaria XXXV,
Nº.

SAPAG, N. y SAPAG, R.1995. Preparación y Evaluación de Proyectos. 3^{era}
Edición. Editorial Mc Graw Hill.

ANEXO 1

SELECCIÓN AGITADORES

Paso 1:



En este paso seleccionamos la segunda opción debido a la forma del tanque.

Paso 2:

En este paso introducimos las medidas del tanque recolector.

Paso 3:

En esta etapa debemos indicar si existe algún filtrado de los efluentes, además del lugar de descarga del fluido. El programa nos recomienda una velocidad de funcionamiento.

Paso 4:

Geometría del tanque	Requisitos de agitado	Empuje calculado
Forma geométrica del tanque		
Longitud:	2 m	
Anchura:	2 m	
Profundidad del líquido:	2 m	
Especificación del proceso		
Pretratamiento:	Sin tamizado o tamizado >10 mm	
Salida del tanque:	Salida por la parte inferior	
Vel. Recomendada:	0.3 m/s	
Velocidad media seleccionada		
Velocidad media: 0.3 m/s		
Empuje preciso: 60 N		
<input type="button" value="Imprimir"/> <input type="button" value="¡Seleccione el agitador Flygt apropiado!"/>		

En esta fase el software entrega el empuje preciso para las necesidades de agitado.

Paso 5:

Selección de agitador Flygt

Empuje calculado: 60 N

Elija el tipo de agitador y la frecuencia haciendo clic en los botones de abajo:

Serie 4410 y 4430	Serie 4600
	
<input type="button" value="50 Hz"/>	<input type="button" value="50 Hz"/>
Agitadores creadores de flujo "tipo Banana", de alta eficiencia.	Agitadores de alta velocidad, compactos y fáciles de instalar

Finalmente se ofrecen dos agitadores que cumplen con los requerimientos.

COTIZACIÓN AGITADORES

Señores

Santiago, 18 de agosto de 2008

R y B Proyectos

FAX: – F:

SANTIAGO

At.: Sr. Ramón Barrientos

r_barrientos@hotmail.com

SU REF.: “Mixers Nuevos”

N. REF.: PL-4556 – AGITADORES SUMERGIBLES MARCA “ITT FLYGT”

Estimados señores:

De acuerdo a lo solicitado por ustedes nos es grato ofrecer lo siguiente:

Agitador sumergible marca **ITT FLYGT** de fabricación sueca, en acero inoxidable **AISI 304**, aspa del agitador en **acero inoxidable 316**. Motor eléctrico trifásico sumergible aislación clase H (18 °C).

Accesorios incluidos:

- 10 Metros de cable eléctrico sumergible especial **SUBCAB 750 RN de 4x2, 5 + 2x1, 5 mm2**.
- 02 Termo contactos incorporados en el bobinado del Estator y conectados.
-

Características de Servicio

Modelo	HG	SR4620.410	SR4640.411
Código Hélice	Nº	042115SJ	083711SJ
Diámetro de Hélice	mm.	210	370
Empuje Nominal	N	1,5	540
Potencia Motor	Kw.	380/50/3	2,5
Voltaje / Frecuencia / Fases	V / Hz.	3,6	380/50/3
Corriente Nominal	Amps.	Directo	6,9
Arranque	Tipo	1370	Directo
Velocidad Nominal	R. P. M.	0,74	705
Sumergencia Mínima Recom.	Mts.	18	0,69
Peso Aproximado Agitador	Kgs.	60	70
Precio Unitario	US\$	2.558. –	4.338. –



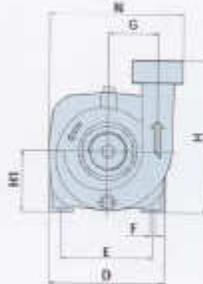
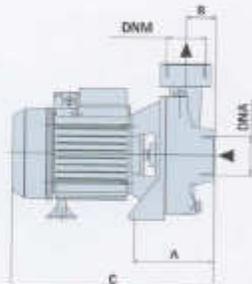
ANEXO 2

BOMBAS

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

SCF(2")

TIPO - TYPE		POTENCIA NOMINAL / NOMINAL POWER			AMPERE		Q = PORTATA - CAPACITY												
Monofase Single-phase	Trifase Three-phase	P2	P1	P1	Monofase	Trifase	m ³ /h												
					Single-phase	Three-phase	15/1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		
		HP	KW		1 x 230V	3 x 400V	Presión manométrica total en m.C.A. - Total head in meters w.c.												
SCF1 100	SCF1 100T	1	0,75	1,1	5,3	2,2	13	12,8	12,2	11,5	10	7	4						
SCF4 150	SCF4 150T	1,5	1,1	1,9	7,5	3,1	16	15,7	15,3	15	14	13	12	11	10	8			
SCF4 200	SCF4 200T	2	1,5	2,3	9,3	4,2	17	16,8	16,7	16,5	15,9	15	14	13	12	10			

CARACTERISTICAS Y USOS

Bombas centrífugas de alto caudal y baja presión de descarga utilizadas principalmente en agricultura. También se utilizan en aplicaciones domésticas e industriales para trasladar y mezclar fluidos.

Impulsor en hierro fundido, eje en acero inoxidable. Protector térmico incorporado en motores monofásicos. Límites de empleo: temperatura del agua 60°C, temperatura ambiente 40°C, altura de succión 7m. Motor con aislación clase F y protección IP44.

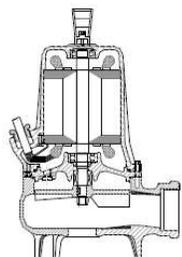
DIMENSIONES

TIPO - TYPE		DIMENSIONI mm - DIMENSIONS mm												DIMENSIONI DIMENSIONS mm			Peso Weight
Monofase Single-phase	Trifase Three-phase	A	B	C	D	E	F	G	H	H1	N	DNA	DNM	P	L	H	Kg
SCF1 100	SCF1 100T	125	45	310	176	140	9	80	240	94	205	2	2	230	355	280	16
SCF4 150	SCF4 150T	170	67	350	155	125	9	78	220	92	200	2	2	220	365	260	19
SCF4 200	SCF4 200T	170	67	350	155	125	9	78	220	92	200	2	2	220	365	260	20

COMPATTA 5-6



Su richiesta
On request
Sur requête

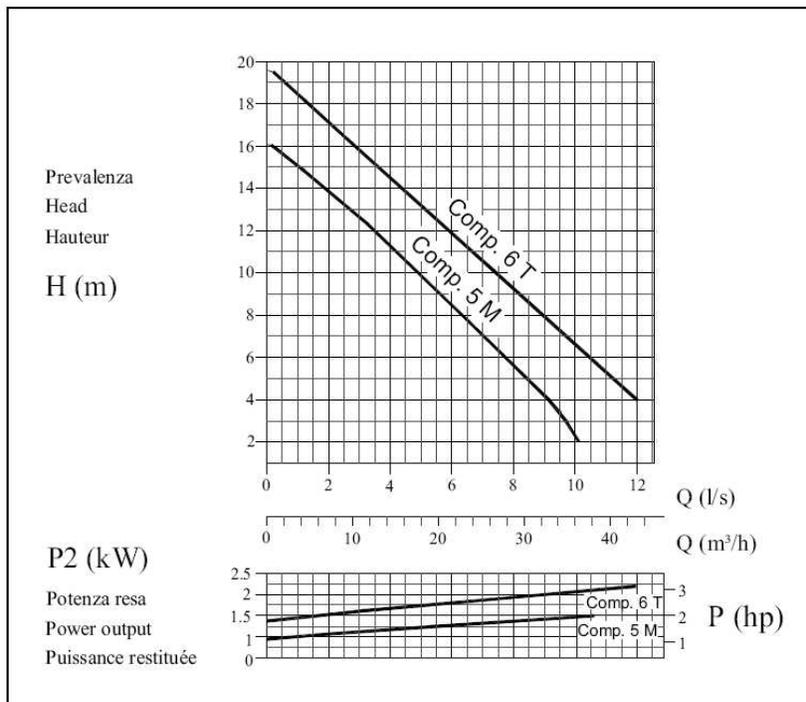


GIRANTE VORTEX
VORTEX IMPELLER
ROUE VORTEX

PASSAGGIO LIBERO	50mm
FREE PASSAGE	50mm
SECTION DE PASSAGE	50mm

ALBERO MOTORE	AISI 420
MOTOR SHAFT	AISI 420
ARBRE MOTEUR	AISI 420

Curve secondo ISO 9906. Livello 2
Curves as per ISO 9906. Grade 2
Courbes selon ISO 9906. Niveau 2



Elettropompa Tipo Electric pump Type Electropompe Type	Prevalenza - Head - Hauteur										
	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
	Portata - Capacity - Débit										
	Q (l/s)										
COMPATTA 5 M		10	9	7,7	6,3	4,9	3,5	1,8			
COMPATTA 6 T			12	10,5	9	7,5	5,9	4,4	2,75	1,3	

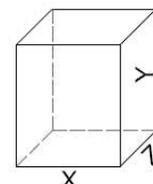
Dati tecnici / Specifications / Données

	Mandata Delivery Refoulement	kW		r.p.m	Poles	Hz	Ampere		
		P1	P2	1/min			1~ 230 V	uf	400 V 3~
COMPATTA 5 M	G 2"	2	1,5	2850	2	50	9,2	40	
COMPATTA 6 T		3	2,2	2850	2	50			5,2

M = 1~ 230 VOLT - 50 Hz T = 3~ 400 VOLT - 50 Hz

Dimensioni di ingombro
Overall dimensions of packing
Dimensions d'encombrement des emballages

TIPO-TYPE	X	Y	Z	Kg
COMPATTA 5 M	245	430	205	21,5
COMPATTA 6 T	245	430	205	22



Data: 01/10/02
Mod. 0

COTIZACIÓN BOMBAS



✉ : ventas@pgic.cl
 🌐 : http://www.pgic.cl

Fax N°	:			008C-VJL1185
Fecha	:	12-08-2008	A	R y B PROYECTOS
Referencia	:		Atn.	Sr. Ramón Barrientos
Total Páginas	:	2	Fax	:

COTIZACIÓN

Bomba centrífuga de 1 impulsor de gran caudal

ITEM #1

Producto	:	Bomba superficie
Marca	:	Reggio (Italia)
Modelo	:	SCF4 200 M
Conexión	:	2" X 2"
Características	:	Q, Máx. 500 l/min. Alt. Máx. 17 m.c.a.
Motor	:	2.0 HP 220 volt

ITEM #2

Producto	:	Bomba sumergibles para aguas turbias
Marca	:	Dreno Pompe
Modelo	:	Compatta 5M
Conexión	:	2"
Características	:	9.5 l/seg. @ 3 M.C.A.
Motor	:	2.0 hp 220 Volt
Paso Solidó	:	50 mm

Descripción	Cant.	Unitario	Total
Valor bomba superficie SCF4 200 monofasica	1	\$ 194.500	\$ 194.500
Bomba COMPATTA 5M	1	\$ 446.000	\$ 446.000
Pie de acople rapido bomba compatta	1	\$ 168.500	\$ 168.500
Total NETO			\$ 809.000
IVA			\$ 153.710
Total			\$ 962.710

ANEXO 3

CARACTERISTICAS Y COTIZACIÓN OBRAS CIVILES.

1. RECTANGULAR

Tipo de Hormigón

HB - 30, las dosificaciones son determinadas en planta (Petreos, Readimix, Lafarge) de acuerdo al hormigón antes mencionado. Cantidad 6 m³.

Cantidad de Fierro 01 rollo alambre negro H18
09 barras ϕ 18 A63 – 44H
08 barras ϕ 16 A63 – 44H
08 mallas acma C – 257
20 barras ϕ 22 A44 – 28 H
10 barras ϕ 12 A44 – 28 H

Moldaje 17 tableros terciado estructural 12 mm.
150 piezas pino 2x4"
01 tineta desmoldante
01 caja clavos 25 kg. 4".
01 caja clavos 25 kg. 2 ½".

Preparación Terreno – Excavación 06 hrs. Retroexcavadora.
2 m³ material chancado.
2 m³ arena.

VALOR TOTAL \$ 4.885.072 C/IVA

2. CIRCULAR

Tipo de Hormigón

HB - 30, las dosificaciones son determinadas en planta (Petreos, Readimix, Lafarge) de acuerdo al hormigón antes mencionado. Cantidad 15 m³.

Cantidad de Fierro 01 rollo alambre negro H18
20 barras ϕ 18 A63 – 44H (Losa)
20 barras ϕ 16 A63 – 44H (Losa)
40 mallas acma C – 257
50 barras ϕ 22 A44 – 28 H

Moldaje 50 tableros terciado estructural 12 mm.
400 piezas pino 2x4"
01 tineta desmoldante
02 caja clavos 25 kg. 4".
02 caja clavos 25 kg. 2 ½".

Preparación Terreno – Excavación 06 hrs. Retroexcavadora.
3,5 m³ material chancado.
3,5 m³ arena

VALOR TOTAL \$ 12.313.978 C/IVA

**ALCYTRA S.A.-PUERTO MONTT
16.07.2008**

ANEXO 4

TUBERIA PEX PARA AGUA CALIENTE.

Características del tubo

- Memoria térmica: permite ser moldeado por calor las veces que sea necesario en un mismo lugar sin perder sus propiedades.
- Larga vida útil: ausencia de corrosión y/o incrustaciones. Mayor velocidad de flujo (bombas circuladoras más pequeñas)
- Adaptable a sistemas de radiadores.
- Junta mecánica, sin tecnología de unión.
- Baja pérdida de carga.
- Sin soldaduras ni empalmes cubiertos.
- Mano de obra reducida.
- Liviano y fácil de manejar (1 m pesa 116 gr).
- Unicas herramientas necesarias: llave, tijeras y pistola de aire caliente.
- Compatible con sistemas y materiales tradicionales.



El valor de esta tubería es de \$115.560. Cotizado en Sodimac (Anexo 10)

ANEXO 5

CARACTERÍSTICAS Y COTIZACIÓN ACUMULADOR DE GAS.



Santiago 08 de Julio de 2008

PROYECTOS

Presente.-

REF: Presupuesto ST-2097-2008

At. Sr. Ramon Barrientos

Fono: 08- 280 3787

Email: r_barrientosb@hotmail.com

Estimados Señores:

Por intermedio de la Presente, nos es grato ofrecer la fabricación del siguiente estanque, con certificación autorizada SEC.

Se adjunta fotos estanque similar

<u>CANT</u>	<u>VOLUMEN</u>	<u>TIPO</u>	<u>PRECIO UNIT.EQUIV. A UF</u>
1	3.000 L	aéreo horizontal	\$ 1.590.000
1	Pretil de derrames		\$ 650.000

Referencia: valor UF al 30 de Junio del 2008 \$ 20.252,71

Valores neto : Mas IVA, según valor UF al día de La compra

Condiciones de pago : 40 % anticipo, saldo cheque a 30 días.

Pago contado descuento 5%

Validez oferta : 10 días.

Plazo de entrega: 4 semanas

Lugar De entrega: Stanmetal Chile Ltda.

Visite nuestra página

INTERNET : www.stanmetalchile.cl

Saluda atentamente a Ustedes

PEDRO BERRIOS ARAYA
STANMETAL CHILE LTDA

NÚCLEO INDUSTRIAL STGO. SUR MODULO N° 57P 41 STA. ROSA-SANTIAGO

FONO: 759 56 76 FAX: 759 1280

E-mail: stanmetal@stanmetalchile.cl

www.stanmetalchile.cl

ANEXO 6

COTIZACION Y DIMENSIONES TUBERÍA GAS.

Tubería Gas PE 80

PE 80 SDR 11



Diámetro Exterior mm	Longitud Rollos mm	Código	Precio USD / m
20 R	150	587.516.020-8	0,80
25 R	150	587.516.026-7	1,05
32 R	150	587.516.032-1	1,40
40 R	150	587.516.040-2	2,15
50 R	150	587.516.050-0	3,30
63 R	100	587.516.063-1	5,25
63 T		587.516.064-1	5,25
75 R	100		7,30
75 T			7,30
90 R	100	587.516.090-9	10,55
90 T		587.516.190-5	10,55
110 R	100		15,60
110 T		587.516.111-5	15,60

ANEXO 7

MOTOR COGENERADOR.

CARACTERISTICAS TECNICAS Y FABRICACION B 15K - SB 15K

El modulo esta completamente integrado en dimensiones extremadamente compactas y contiene todos los componentes necesarios, los principales son:

Motor

Motor endotérmico 100GL producido a gran escala, alimentado a gas, dotado de encendido electrónico y perno movable de la válvula del motor hidráulico. Proporciona gran flexibilidad y fiabilidad y su manutención no requiere tecnología específica.

Generador eléctrico

Generador eléctrico asíncrono trifásico con rotor con protección de ardilla en aluminio extorsionado y con chapa protectora en hierro fundido para el enfriamiento.

Circuito hidráulico

Es un circuito cerrado con líquido refrigerante que intercambia calor a diversas temperaturas y lugares respectivamente: sobre la cubeta del motor, sobre la base y sobre la descarga de humos. Si el calor producido no se utiliza, el circuito primario cede calor a un radiador externo para el vaciado del exceso térmico.

Alimentación a gas

El motor puede alimentarse con diversos tipos de gases (metano, gas líquido, biogás, etc.), con esta finalidad en la junta elástica hay montado una placa de asiento que permite la variación anticipada en función del gas utilizado

SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL

Version Base

El sistema de regulación y control funciona mediante aparatos eléctricos y electromecánicos de componentes discretos. La avería se visualiza en el display del panel de control. Protección de mínima y máxima corriente y ausencia de fase, capaz de emitir una alarma (disección de un relé) si por un cierto número de periodos consecutivos la corriente de al menos de una de las tres fases sale de un campo de valores prefijados.

Version Stand By

Los controles y la regulación de las variadas funciones están sujetas a un sistema electrónico constituido por una tarjeta electrónica, convertidora A/D y transductores analógicos de señal.

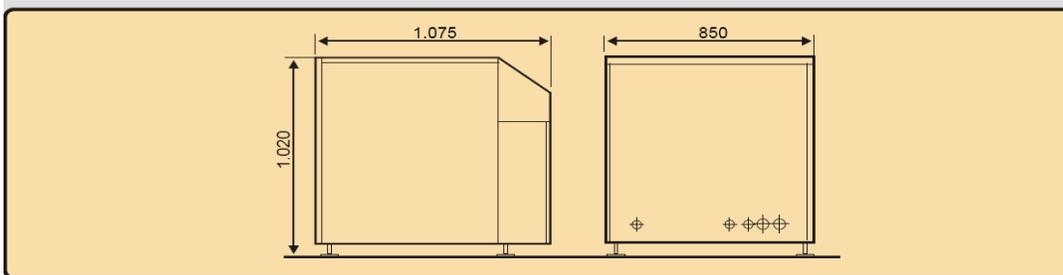
El sistema controla el correcto funcionamiento, el reglaje del grupo de regulación externo depende de la instalación y permite además parar el grupo en caso de avería. La avería se visualiza en el display del panel de control.

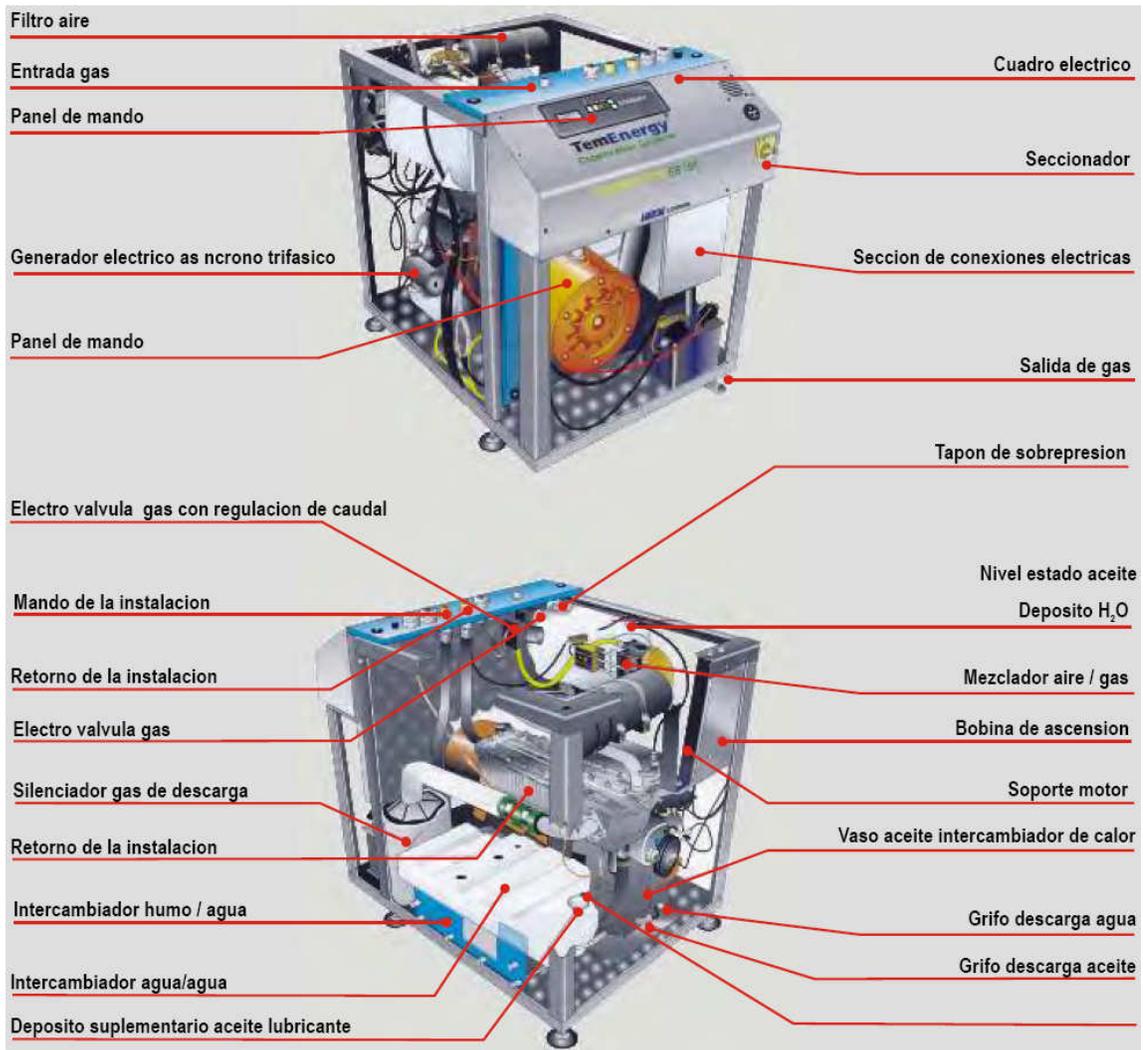
Bestidor

Todos los componentes del cogenerador se montan sobre un chasis aislado del exterior por paneles de revestimiento calorífugo provistos de una serie de complementos. De esta manera se evita la dispersión de calor al exterior y se reduce el ruido del motor térmico a 64.0 dB y 1 metro.

Modelo		B 15K	SB 15K
Potencia térmica	kW	39	13+39
Rendimiento a máxima potencia	%	93+97	90+97
Potencia eléctrica	kW	15 _(cosφ 0,86)	0+14,5
Potencia de entrada	kW	56,2	15+56,2
Consumo de Metano	m³/h	5,7	2+5,7
Consumo GLP.	kg/h	4,0	1,5+4,0
Consumo Biogás (60% CH4)	m³/h	8,4	3+8,4
Temp. Máx. agua de entrada	°C	70	70
Temp. Máx. agua de salida	°C	86	86
Dureza máxima del agua	g(CaCo2)/m³	130	130
Caudal normal agua	l/h	3.000	3.000
Perdidas de carga nominal	kPa	30	30
Tensión trifásico de red	V/Hz	400/50	400/50
Generador eléctrico		asíncrono trifásico con excitación de red	asíncrono trifásico con excitación de red
Encendido		generador eléctrico	Motor c.c.
Conexión uso eléctrico		triángulo	Estrella + neutro
Condiciones ambientales	°C - % - U.R.	0-40/0-95	0-40/0-95
Peso modulo de cogeneración	kg	480	510
Grupo de excitación en cm			(L x P x H) 80 x 37 x 35
Grupo de excitación en kg			130

DIMENSIONES MOD. B 15K - SB 15K





El costo de este motor se estimó en USD 8.000.-. Se hizo esta estimación asociando el costo de motores de similares características. Este motor fue encontrado en el sitio web de la empresa española Mercagas.

ANEXO 8

ELEMENTOS DE CONTROL Y COTIZACION

- **Interruptor de presión.**

Grado de protección: IP 65; Display: 3 1/2 dígitos

Incorpora led para indicación de activación de salida pnp

Puede ajustarse el cero; Linealidad: 0,5 % de toda la escala

Temperatura máxima del fluido: -10 A 80°C; Alimentación eléctrica: 18 a 32 VDC

Vida útil: 100 millones de operaciones



Valor \$53.420.-

- **Sensor de Nivel**

Características Generales:

Grado Protección: IP 65.

Conexión a proceso: 92 PCD y otros rebordes estándares (flange).

Conexión Eléctrica: 1/2" BSP.

Presión Máxima: 15 Bar.

Interruptor diferencial: Prefijado en < 20mm; Ajustable.

Gravedad específica: 0.75 Mínimo.

Rango voltaje interruptor: 5 Amp / 250 VAC.

Temperatura: -10º a 175ºC.



Valor: \$87.780.-

- **Sensor de flujo**

El computador electrónico de cada instrumento permite realizar las siguientes operaciones:

- Medición de flujo
- Cuenta litros: 1 totalizadores reseteables - 1 totalizador no reseteable
- Conexión y desconexión automática con o sin flujo (Con memoria para totalizador no reseteable)

La obtención de todos los parámetros junto a la calibración se realiza por sólo 2 botones simplificando su operación. (Indicación máxima 999.999 - Punto decimal flotante)



Valor: \$401.420.-

- **Sensor de temperatura con cabezal**

Este tipo de sensor esta fundamentado en la proporcionalidad que existe entre la variación de una resistencia eléctrica de platino de alta pureza y la temperatura. Por su principio de funcionamiento estos elementos ofrecen una excelente estabilidad y reproducibilidad para temperaturas que van entre los -50 a 300 °C. Otra característica importante de este tipo de sensor es que la medición no es alterada por la distancia entre el punto de sensoe y el punto de lectura o control, gracias a su conexión de tres alambres que permiten diferenciar la resistencia del sensor de la resistencia total de los mismos alambres .

Cabezal de aluminio; sensor y conector en acero inoxidable 304.

Conexión: 1/2"NPT. Diámetro bulbo: 5mm.



Valor: \$35.480

- **Válvula de solenoide.**

De 2 vías, acción piloto interno, necesitan una presión mínima para abrir. Solenoide de 220 VAC, 50 ciclos

Alternativa: 110; 24; 12 VAC o VDC.

Usos: Para control automático de flujo de: aire comprimido, agua, salmuera, petróleo, vapor. Para ser activados por controles eléctricos de tiempo, de presión o temperatura, microswitches y otros sistemas de telecomandos.

Aplicaciones: Quemadores de petróleo, de gas de cañería o licuado. Circuitos de fluidos en máquinas industriales, calefacción, refrigeración, redes de aire comprimido o agua, etc.

Danfoss



Valor: \$56.569.-

Estación de trabajo

Realizan monitoreo y control de un proceso a través de un PLC.

Permiten manejar el acceso a pulsadores y elementos de control directamente en la pantalla (touch screen).

- Alimentación: 24 VDC.
- RTC: Reloj de tiempo real.
- Grado de protección frontal: IP 65.
- 1 CompactFlash™ card slot (MT8056T, MT8080T, MT8104T, MT8121T)
- Cumplen Norma CE y FCC
- Software de programación gratuito.



Valor: \$1.211.160.-

Los precios mencionados fueron obtenidos de una cotización realizada a VIGNOLA.

ANEXO 9

COTIZACIONES OTROS ELEMENTOS

COTIZACION : 400077624

FECHA : 11/08/2008 Hora : 17:09:54 FAX :
 T.U.T. : 15287963-6 Form. Pago: Contado
 Señor(es): RAMON BARRIENTOS BARRIA Plazo : 000 dia(s)
 Atencion Sr. (a) :

CODIGO	DESCRIPCION	UM	CANTID	PRECIO		TOTAL	EST	DIS
				Sin Iva	Con Iva			
221244	PLS LAM CLTE A37 4 X1X3MTS	PL	1.00	66775	79462	79462		
139149	POLIESTIRENO 1X0,5M 50MM 12PL	CU	1.00	8945	10644	10644		
57953X	TUBO PVC-P C10 50MMX3MT CEM	CU	1.00	2731	3250	3250		
497649	BOMBA SCF1 100 1HP 220V 2PULB	CU	1.00	133403	158749	158749		
1096656	TUBERIA CPVC RD11 1PULBX3,05MT	CU	1.00	13098	15587	15587		
459895	PEX CANERIA 25X2,3X100MT	CU	1.00	97109	115560	115560		
380873	CANERIA COBRE L 1X3,0MT	CU	1.00	22685	26995	26995		

tot.Kilos Doc. : 145.2 Kls.
 tot.Kilos Despacho : .0 Kls.
 Total : \$ 410247

Los precios INCLUYEN I.V.A.
 Cotizacion valida por TRES (3) dias
 Cotizacion NO ASEGURA disponibilidad del producto y
 se solicita confirmar existencia al momento de la compra.
Despacho Normal: Se efectua dentro de las siguientes 48 hrs. desde que usted
 paga el servicio en caja.
 Horario de entrega 9:00 a 21:00 hrs.
 Cotizado por : DANIELA BUCERO
 A. Sodisac S.A.

ANEXO 10



Bonilla 866
Santiago
Chile
solucionesip&p@hotmail.com

Filtro

Sres. RyB Proyectos. El valor de la elaboración del filtro es de \$5600.- (cinco mil seiscientos) IVA incluido.

Sin otro particular Atte a Ud. Soluciones industriales P&P.

Miércoles 5 de Noviembre del 2008.