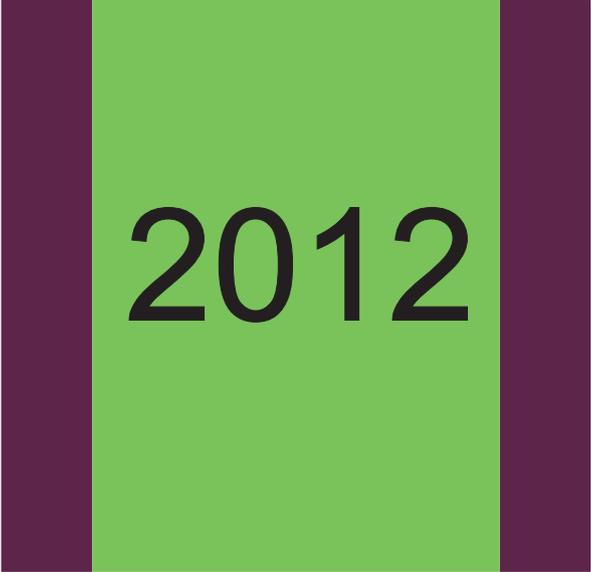




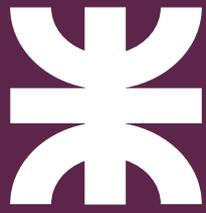
---

TRANSFORMACION DE EFLUENTES  
DE TAMBO DE LA CUENCA OESTE  
MEDIANTE DIGESTION ANAEROBICA

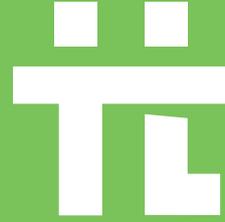
---



2012



**UTN**



# **INGENIERIA INDUSTRIAL**

## **PROYECTO FINAL**

Alumnos

Claudia Dido

Franco Mieres

Profesores

Mg. Daniel Xodo

Lic. Fernanda Micakoski

# AGRADECIMIENTOS

---

## AGRADECIMIENTOS

---

A nuestros profesores de la cátedra Proyecto Final, porque motivaron nuestro camino, orientaron nuestras ideas y ayudaron a concluir este trabajo.

A la Ing. Diana Crespo y su equipo de investigadores de IMyZA, INTA Castelar, que nos recibieron y alentaron con generosidad a avanzar en una línea de trabajo, que, no por poco divulgada, es menos importante, acrecentando así nuestras competencias profesionales.

Al personal no docente, por el estímulo constante y el cariño brindado.

A los docentes y profesionales que aportaron sus experiencias, conocimiento, opiniones, sugerencias y apoyo:

Ing. Gustavo Rinaldi, Ing. Alejandra Gutierrez, Ing. José Gortari, Cdor. Jorge Iriarte, Ing. Francisco Arado, Lic. Marcelo Matassa, Ing. Marina Maekawa, Lic. María Larroulet y a el Ing. Horacio Campaña.

A los Directivos de la Cooperativa Eléctrica de Trenque Lauquen, Sr. Alvo e Ing. Venturi, al Arq. Blanco (Arcis Group), al Sr. Zuccotti (Proinged) y a el Ing. Alemán (PFI Energy and Ecology).

A nuestras familias, por el sostén y acompañamiento diario, y a los seres queridos que ya no están con nosotros.

# INDICE

---

## INDICE GENERAL

Agradecimientos	2
Resumen	14
Resumen ejecutivo	15
<b>Sección I: Presentación</b>	<b>21</b>
1.1. Marco del proyecto	22
1.2. La empresa	22
1.3. Antecedentes preliminares	23
1.3.1. Sector lácteo	25
1.3.1.1. Panorama Internacional	25
1.3.1.2. Panorama Nacional	26
1.3.1.3. Panorama Regional	28
1.3.2. Composición y efectos de los efluentes de tambo	30
1.3.2.1. Impactos potenciales sobre la atmósfera	30
1.3.2.2. Impactos potenciales sobre las aguas y suelo	32
1.3.2.3. Cuantificación de emisiones de metano	33
1.3.3. Gestión de los efluentes	36
1.3.3.1. Generalidades	36
1.3.3.2. Concepto de lagunas de acuerdo a la actividad biológica	37
1.3.3.3. Sistemas de manejo de efluentes de tambo a nivel internacional	38
1.3.3.4. Sistemas de manejo de efluentes de tambo a nivel nacional	40
1.3.3.5. Otros sistemas de Pre y Post-Tratamiento: Lombricompuesto-Vermicompostaje y Wetlands.	41
1.3.3.6. Digestión anaeróbica como tecnología de transformación	41
1.3.3.7. Experiencias internacionales en el uso de la digestión anaerobia presentadas en la presentación del Programa Metane to Markets.	43
1.4. Conclusión	55
<b>Sección II: Análisis Estratégico</b>	<b>57</b>
2.1. Metodología	58
2.2. Desarrollo de estrategias de crecimiento (Kotler, 1989)	58

2.2.1.	Crecimiento intensivo	59
2.2.2.	Crecimiento integrativo	59
2.2.3.	Crecimiento por diversificación	59
2.3.	Plan estratégico de la Cadena Láctea	59
2.4.	Situación energética	61
2.4.1.	En el mundo	61
2.4.2.	En Argentina	62
2.5.	Análisis del entorno	64
2.6.	Oportunidades: Matriz de impacto y acciones.	68
2.7.	Vulnerabilidad: matriz de impacto y acciones.	69
2.8.	Análisis FODA	70
2.9.	Planteo de escenarios	73
2.10.	Conclusión	74
<b>Sección III: Análisis de Mercado</b>		<b>76</b>
3.1.	Análisis de la demanda: Demanda Potencial a Nivel Nacional, Provincial y Regional.	77
3.1.1.	Datos generales de producción	77
3.1.2.	Datos de tambos	77
3.1.3.	Datos procesados por cuenca	80
3.2.	Análisis de la oferta: Oferta de Asistencia Tecnológica a Nivel Nacional	82
3.2.1.	Capacidades de la Universidad Nacional del Litoral	82
3.2.2.	Capacidades del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	83
3.2.3.	Capacidades del Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA)	83
3.2.4.	Capacidades de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN)	84
3.2.5.	Productos sustitutos	85
3.2.5.1.	Lagunas de almacenamiento	85
3.2.5.2.	Lagunas de tratamiento (estabilizadoras)	85
3.2.5.3.	Compostaje y Vermicompostaje	86
3.3.	Conclusión	86
<b>Sección IV: Tamaño, Localización y Logística</b>		<b>88</b>
4.1.	Tamaño	89

4.2.	Localización	89
4.3.	Logística	92
4.4.	Conclusión	92
<b>Sección V: Análisis Tecnológico</b>		<b>94</b>
5.1.	Digestión anaeróbica	95
5.1.1.	Variables de control de la digestión anaeróbica	96
5.2.	Características de los efluentes: Biogás y Bioabono	99
5.3.	Diseño y dimensionamiento de planta de biogás	99
5.3.1.	Consideraciones para el diseño	99
5.3.2.	Variables de dimensionamiento y operación.	100
5.3.3.	Diseño y dimensionamiento	100
5.3.3.1.	Diseño	100
5.3.3.2.	Dimensionamiento	102
5.4.	Estimación de producción de Biogás y Bioabono	117
5.4.1.	Biogás	117
5.4.2.	Bioabono	117
5.5.	Conclusión	118
<b>Sección VI: Análisis legal</b>		<b>120</b>
6.1.	Referencia internacional en la gestión de efluentes de tambo	121
6.2.	Ejercicio Comercial de la Empresa	122
6.3.	Reglamentación a Nivel Nacional y Provincial	123
6.3.1.	Aspecto Legal referido a la Jurisdicción Nacional	123
6.3.2.	Aspecto Legal referido a la Jurisdicción Provincial	125
6.3.3.	Habilitaciones de carácter ambiental	128
6.4.	Conclusión	129
<b>Sección VII: Análisis Económico - Financiero</b>		<b>131</b>
7.1.	Selección del diseño del biodigestor	132
7.2.	Costo de inversión de planta de biogás	133
7.3.	Costo de anual de operación y mantenimiento	134
7.4.	Costo anual de transporte.	135
7.5.	Costo anual de mano de obra.	135

7.6.	Costo anual de depreciación.	136
7.7.	Amortización de activos intangibles.	137
7.8.	Mercado Eléctrico Mayorista.	138
7.9.	Amortización de la deuda.	141
7.10.	Ingresos.	143
7.11.	Valor de desecho del proyecto.	144
7.12.	Flujo de caja.	145
7.13.	Flujo de caja del inversionista.	147
7.14.	Criterio de evaluación.	149
7.15.	Análisis de sensibilidad.	149
7.15.1.	Análisis de sensibilidad del precio de la energía	149
7.15.2.	Análisis de sensibilidad del precio del biofertilizante	150
7.16.	Fuente de financiamiento	150
7.17.	Aportes de capital	153
7.18.	Externalidades	154
7.18.1.	Métodos de Valoración Económica de las Externalidades	154
7.18.2.	Clasificación de los métodos de valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales	155
7.19.	Conclusiones	157
<b>Sección VIII: Puesta en marcha, Operación y Mantenimiento</b>		<b>160</b>
8.1.	Puesta en Marcha	161
8.1.1.	Proceso	161
8.1.2.	Caracterización del inóculo	162
8.1.3.	Inoculación	162
8.1.4.	Aclimatación	163
8.1.5.	Control	164
8.1.6.	Acondicionamiento	164
8.1.7.	Carga orgánica volumétrica inicial	165
8.1.8.	Control	166
8.1.9.	Acondicionamiento	167
8.2.	Operación	167

8.2.1.	Proceso	168
8.2.2.	Recolección del efluente y carga al biodigestor	168
8.2.3.	Control	169
8.2.4.	Acondicionamiento	169
8.3.	Mantenimiento, Limpieza y Seguridad	169
8.3.1.	Mantenimiento	169
8.3.2.	Limpieza	170
8.3.3.	Seguridad	170
8.3.3.1.	Peligros del biogás en una planta de tratamiento	171
8.3.3.2.	Definición y ubicación de las zonas de peligro	171
8.3.3.3.	Análisis y protecciones para las zonas de riesgo	172
8.3.3.4.	Accesorios de seguridad	172
8.3.3.5.	Plan de operación y control	173
8.4.	Conclusión	174
<b>9.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>176</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización geográfica del predio perteneciente a Familia Micheo	23
Figura 2.	Evolución de la producción mundial de leche de vaca, 1992-2006	26
Figura 3.	Distribución de Cuencas Lácteas	27
Figura 4.	Diagrama de de balance de masas de la producción lechera	28
Figura 5.	Distribución de tambos en la Provincia de Buenos Aires	29
Figura 6.	Características de la Cuenca Oeste	29
Figura 7.	Residuos Líquidos y Sólidos en el Reino Unido, según tipo de producción	44
Figura 8.	Emisiones de Metano según el manejo de los residuos en el Reino Unido (ktCH <sub>4</sub> /año)	44
Figura 9.	Digestores utilizados en el Reino Unido	46
Figura 10.	Plantas de digestión anaeróbica en Canadá	47
Figura 11.	Tipo de digestores en Estado Unidos	48

Figura 12. Plantas de digestión anaeróbica en Estado Unidos	48
Figura 13. Casos de estudio de digestión anaeróbica desarrollados en Uruguay	49
Figura 14. Ensayos de aplicación de bioabono	50
Figura 15. Desarrollo territorial de la empresa Adecoagro	51
Figura 16. Datos del digestor anaeróbico utilizado por la empresa Adecoagro	52
Figura 17. Círculo virtuoso de producción agroindustrial	53
Figura 18. Digestor anaeróbico para la transformación de FORSU	55
Figura 19. Matriz de Ansoff	59
Figura 20. Abastecimiento energético mundial	62
Figura 21. Incremento del precio del petróleo (us\$/bbl)	63
Figura 22. Energía Primaria - Argentina	63
Figura 23. Reservas probadas de gas natural	64
Figura 24. Escenario energético - Argentina	64
Figura 25. Análisis de las variables del entorno	67
Figura 26. Análisis de las variables del entorno agrupadas	67
Figura 27. Impacto Positivo vs probabilidad de ocurrencia	68
Figura 28. Impacto Negativo vs probabilidad de ocurrencia	69
Figura 29. Análisis FODA.	70
Figura 30. Análisis FODA. Opciones e intenciones estratégicas	71
Figura 31. Análisis FODA. Cruce de variables	72
Figura 32. Porcentajes de tambos por cuenca Provincia de Buenos Aires	77
Figura 33. Distribución de tambos en la provincia de Buenos Aires	78
Figura 34. Distribución de tambos de la Cuenca Oeste	80
Figura 35. Localización geográfica de los tambos y Planta de agua de pertenecientes a la Flía. Micheo	90
Figura 36. Vista aérea del tambo 1, "Los baguales"	91
Figura 37. Vista aérea del tambo 2, "Héctor Micheo"	91
Figura 38. Localización de la planta de biogás	92
Figura 39: Degradación de la materia orgánica en la digestión anaerobia	95
Figura 40: Equipo para medición y control de temperatura, pH y redox	98
Figura 41. Biodigestor-pro	102

Figura 42. Esquema de Alimentación y descarga	106
Figura 43. Corte A-A: Tuberías de alimentación y descarga	107
Figura 44. Corte B-B: Sistema de agitación	108
Figura 45. Descarga de lodos	109
Figura 46. Captación de biogás	110
Figura 47. Corte C-C: Captación de biogás	111
Figura 48. Microturbina Capstone C65-iCHP	113
Figura 49. Esquema interior de microturbinas Capstone	113
Figura 50. Esquema de funcionamiento de micro turbina con recuperador de calor.	114
Figura 51. Antorcha para biogás	114
Figura 52. Cisterna rodante y bomba estercolera	115
Figura 53. Planta de biogás	116
Figura 54. Residuos especiales, anexo I.	126
Figura 55. Residuos especiales, anexo II.	126
Figura 56. Análisis de tendencia del Precio Monómico.	139
Figura 57. Análisis de estacionalidad del Precio Monómico.	139
Figura 58. Ecuación de la incidencia del aporte de capital en el VAN.	153
Figura 59. Incidencia del aporte de capital en el PR.	154
Figura 60. Diagrama de flujo de valoración económica de los Bienes, Servicios e Impactos Ambientales.	155
Figura 61. Diagrama de flujo del proceso de puesta en marcha.	161
Figura 62. Diagrama de flujo del proceso de operación del biodigestor.	168
Figura 63. Definición de las cuatro zonas de peligro de explosión.	171
Figura 64. Propagación de una llama “bloqueada” por un accesorio de seguridad.	173

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial de generación de metano en toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente/año.	34
Tabla 2. Potencial de mitigación de emisiones de metano por manejo del estiércol (tCO <sub>2</sub> e/año)	34
Tabla 3. Generación de efluentes discriminado por Cuencas de acuerdo a la cantidad de animales por tambo	35

Tabla 4. Características de distintos sistemas con producción de biogás, utilizados en tambos en los Estados Unidos.	43
Tabla 5. Digestores anaeróbicos construidos en el Reino Unido.	45
Tabla 6. Datos del proceso del digestor anaeróbico que transforma jugos concentrados y aceites esenciales.	53
Tabla 7. Conversión de residuos orgánicos en biogás y composición porcentual del biogás	54
Tabla 8. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	54
Tabla 9. Impacto y ponderación de las variables del entorno	66
Tabla 10. Presentación de Tambos por Cuencas de la Provincia de Buenos Aires	77
Tabla 11. Cantidad de tambos por Partidos de la Provincia de Buenos Aires.	79
Tabla 12. Volúmenes de producción láctea 2008-2009	80
Tabla 13. Cantidad de tambos por Partidos de la Cuenca Oeste	81
Tabla 14. Cantidad de vacas del Partido de Trenque Lauquen	81
Tabla 15. Distribución de cantidad de vacas por tambo.	82
Tabla 16. Condiciones límites de los parámetros que gobiernan la digestión anaeróbica	98
Tabla 17. Composición del Biogás	99
Tabla 18. Analizador de gases: rangos de medición	104
Tabla 19. Microturbina C65-iCHP	102
Tabla 20a. Producción de biogás	117
Tabla 20b. Producción de biogás	117
Tabla 21a. Producción de fertilizante	117
Tabla 21b. Producción de fertilizante	117
Tabla 22. Categorización de la industria, Clasificador Nacional de Actividades Económicas	123
Tabla 23. Concentraciones de parámetros de efluentes	127
Tabla 24. Parámetros de vertido de la Provincia de Buenos Aires	127
Tabla 25. Costo de inversión de biodigestores	132
Tabla 26. Costo de inversión de planta de biogás.	133
Tabla 27. Costo de anual de operación y mantenimiento.	134
Tabla 28. Costo anual de transporte.	135
Tabla 29. Costo anual de mano de obra.	135
Tabla 30. Costo anual de depreciación.	136
Tabla 31. Amortización de activos intangibles.	137

Tabla 32. Síntesis de Mercado Eléctrico Mayorista-CNEA.	138
Tabla 33. Estimación del Precio Monómico promedio para el año 2012	140
Tabla 34. Sistema de Amortización Alemán.	142
Tabla 35 a. Ingresos	143
Tabla 35 b. Ingresos	143
Tabla 36 a. Flujo de caja	145
Tabla 36 b. Flujo de caja	146
Tabla 37 a. Flujo del inversionista	147
Tabla 37 b. Flujo del inversionista	148
Tabla 38. Criterio de evaluación, flujo de caja y del inversionista	149
Tabla 39. Análisis de sensibilidad - Precio de la energía	149
Tabla 40. Análisis de sensibilidad-Precio del biofertilizante	150
Tabla 41. Parámetros Límites	162
Tabla 42. Composición del biogás	163
Tabla 43. Parámetros óptimos	165
Tabla 44. Parámetros físico-químicos	167

## RESUMEN

---

El presente proyecto plantea una alternativa de tratamiento a las necesidades presentadas por un productor tambero perteneciente a la Cuenca Oeste de la Provincia de Buenos Aires, problemática que aborda el saneamiento de los efluentes generados en sus establecimientos y la potencial contaminación que implica el sistema actual de tratamiento (laguna a cielo abierto sin impermeabilización).

La intensificación de la producción provoca el incremento de los flujos de energía y nutrientes en los tambos, fundamentalmente el estiércol, generando impactos nocivos en los factores económico-ambientales.

Los requerimientos legales nacionales y provinciales exigen que el residuo sea tratado hasta lograr los parámetros que establece la Norma de vertido de efluentes a cuerpos de agua y suelo antes de su disposición final.

Se propone la utilización de la tecnología de digestión anaeróbica, degradación microbiana de la materia orgánica en un ambiente sin oxígeno, como alternativa de solución y además por la valoración económica que puede darse a los dos subproductos obtenidos del proceso: biogás y biofertilizante.

El biogás permite su utilización como fuente generadora de energía y el biofertilizante permite disminuir los costos en fertilización comercial.

La planta de biogás posee se diseño con el Software Biodigestor - pro, en función de un total de 1.050 vacas en ordeño, con una superficie de 1950m<sup>2</sup> aproximadamente y se estima una generación de energía eléctrica alrededor de 500.000 kwh anuales.

El costo de inversión de la planta de biogás asciende a un total de \$884.414,38. El tiempo estimado de construcción es de 6 meses con un período de 2 meses depuesta en marcha.

El ingreso estimado por venta de energía eléctrica es de \$ 124.268,48 y por el biofertilizante corresponde un total de \$274.709,81 anuales (25% de la cantidad total anual en fertilizantes comerciales utilizados). Además, la ley provee beneficios impositivos por la generación eléctrica mediante la utilización de fuentes renovables.

Los costos de funcionamiento representan el 35% de los ingresos anuales.

El proyecto es financiado en su totalidad por un sistema crediticio de la línea de Producción Limpia y Preservación del medio Ambiente del Banco de la Provincia de Buenos Aires, con una tasa del 17,5%.

La evaluación económica presenta un VAN \$164.228,73 en el periodo 10<sup>mo</sup>, con una TIR del 21,2%, y la evaluación financiera arrojo un VAN \$\$299.221,02 en el 8<sup>vo</sup>, con una TIR del 34,1%.

La disposición de los factores que se presentan en la actualidad desde el punto de vista energético, financiero, productivo y ambiental sumado a las posibilidades regionales de acceso a la capacitación y asesoramiento científico - tecnológico de una UTN, como a las características de los recursos naturales (suelos permeables, grandes extensiones de tierra, etc.) de la zona, presentan una oportunidad significativa para el desarrollo y la aplicación de la digestión anaeróbica como alternativa de tratamiento. En lo que a esto respecta, el partido presenta una potencialidad de generación de 17 GWh anuales de energía eléctrica (15% del consumo anual del partido) mediante la implementación de la tecnología de digestión anaeróbica de efluentes de tambo.

# RESUMEN EJECUTIVO

---

## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente proyecto pretende resolver la problemática planteada por un productor tambero perteneciente a la Cuenca Oeste de la Provincia de Buenos Aires.

La necesidad manifestada es la de realizar el saneamiento de los efluentes generados en sus establecimientos, para evitar la potencial contaminación que implica el sistema actual de tratamiento (laguna a cielo abierto sin impermeabilización) tanto hacia la salud humana, como animal y ambiental.

La Argentina ha iniciado desde hace algunos años un rápido proceso de intensificación de la producción de leche, hecho que conlleva al incremento de los flujos de energía y nutrientes en los tambos, fundamentalmente el estiércol, por este motivo realizar un incorrecto manejo de los efluentes tiene efectos perjudiciales en el corto, mediano y largo plazo. En función del medio afectado pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Impacto en la atmósfera: emisión de olores, destrucción de la capa de ozono, llegada de microorganismos mediante bioaerosoles y por la liberación de gases con efecto invernadero. El sector ganadero es responsable del 18% de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante emisiones de metano, que es 20 veces más potente que el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y el 67% de las emisiones de óxido de nitrógeno, 310 veces más potente (FAO, 2006).

- Impacto en el agua: contaminación de aguas subterráneas y superficiales por compuestos orgánicos e inorgánicos, tanto por lixiviación, como por vertido o escorrentías, contaminación biológica, eutrofización de ecosistemas acuáticos, etc.

- Impacto en el suelo: contaminación por componentes orgánicos e inorgánicos de las deyecciones, degradación por salinización o por desestabilización de su estructura, contaminación microbiana, parasitaria, etc.

- Impacto en los alimentos: contaminación microbiológica de productos para consumo humano o animal por contacto directo o indirecto con gérmenes procedentes del estiércol.

Estos impactos pueden tener efectos nocivos directos sobre la producción con serias repercusiones económicas debido a la disminución de la calidad sanitaria entre otros.

La gestión de los efluentes se realiza a nivel internacional mediante diversos sistemas de laguneo (aeróbico, anaeróbico y facultativo) con o sin descarga con aplicación y la digestión anaeróbica.

En la generalidad de los tambos del territorio nacional, se extiende la práctica del sistema de lagunas de almacenamiento sin “impermeabilización”.

Según manifiestan estudios realizados en las Cuencas de la Provincia de Buenos Aires, el agua subterránea puede presentar alto contenido en nitratos como de bacterias provenientes de contaminación, especialmente si los acuíferos no son profundos.

También se observa una marcada tendencia al vuelco o riego del efluente, mediante “estercoleros” que lo bombean al suelo, desde sistemas de lagunas en serie o de las lagunas de almacenamiento (UNICEN, Facultad de Ingeniería, 2008), con desconocimiento de la carga orgánica y patógena que esparcen como también de las características y requerimientos edáficos específicos para cada región.

Frente a este panorama se propone aplicar la tecnología de digestión anaeróbica para el tratamiento de efluentes de tambo, dicha tecnología consiste en la degradación microbiana de la materia orgánica en un ambiente con ausencia de oxígeno. Como resultado de la estabilización del efluente se obtiene dos subproductos valorables económicamente: biogás y biofertilizantes.

La selección de esta tecnología no solo se debe a los beneficios económicos, energéticos y ambientales que se puede obtener de la misma. El biogás permite su utilización como fuente generadora de energía (energía eléctrica) y el biofertilizante permite disminuir los

costos en fertilización comercial devolviendo al suelo los nutrientes esenciales. Ambientalmente permite la minimización del impacto producido por los residuos.

También permitirá al productor alienarse a los objetivos del Plan Estratégico de la Lechería Argentina y las exigencias de normativas internacionales alcanzando mejores niveles de rentabilidad dentro de un contexto de sustentabilidad económica y ambiental.

Contemplando la demanda potencial para este proyecto, el Partido de Trenque Lauquen, es capaz de generar 1.437,35 toneladas diarias de efluentes de tambo.

Con este volumen de residuos se puede estimar, un potencial de generación eléctrica de 17 GWh anuales mediante la implementación de la tecnología de digestión anaeróbica, equivalente al 15% del consumo de energía anual del partido.

Por otro lado la oferta tecnológica para el procesamiento de residuos se encuentra en pleno desarrollo en el país, con experiencias a nivel laboratorio y piloto, así como otras aplicadas, por diferentes instituciones públicas (INTA, INTI, UNL, etc.) que contribuyen al perfeccionamiento e impulso en el uso de este tipo de proceso especializado.

En la ciudad de Trenque Lauquen, se encuentra la UTN-FRTL, institución pública de carácter científico- tecnológico, que posee un equipo de profesionales capacitados que pueden transferir conocimiento y asistencia en investigación y desarrollo de la tecnología, brindando de esta manera soluciones frente a la demanda de los productores e industriales regionales.

La capacidad de la planta de biogás se dimensionó con el software Biodigestor Pro 4.0 calculándose en función de las 1.050 vacas en ordeño que posee el productor. Se determinó la localización mediante análisis cualitativo de factores según las características de las explotaciones y su cercanía.

La planta consta de las siguientes estructuras: tanque de alimentación, digestor (tipo bajo tierra de membrana), tanque de descarga, lecho de secado de lodos, sistema de cogeneración de energía eléctrica, tuberías de alimentación, descarga y captación de biogás, sistema de control de procesos y plan de contingencia.

Abarca una superficie de 1950 m<sup>2</sup> aproximadamente. El biogás obtenido se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante la utilización de una microturbina, que hace factible su inyección a la red, ya que cuenta con una vinculación inteligente entre el generador y la red (sincronización de parámetros de red, corrientes de cortocircuitos, etc.) y puede producir alrededor de 500.000 kwh por año, 4 veces más de lo que requiere el productor.

El plan de contingencia posibilita hacer frente a cualquier desperfecto temporal de la planta y a su vez es demandado por las auditorías de impacto ambiental.

El aspecto legal de la empresa se encuentra enmarcado en el ámbito de la Sociedad de Responsabilidad Limitada y cumple los requisitos necesarios para su existencia. La actividad industrial que realiza le confiere el carácter de Generador de Residuos Especiales para la Pcia. De Buenos Aires (LEY N° 11.720, tipo H 11 o H 13) y para la Nación es Generador de Residuos Peligrosos (Ley N° 24.051 y su decreto reglamentario N°831). Es por este motivo que el residuo debe ser tratado antes de su disposición final y cumplimentar los parámetros de la Norma de vertido de efluentes líquidos para cuerpo de agua y suelo (AGOSBA 336/03). Esta circunstancia le exige presentar anualmente una Auditoría Ambiental (Decreto N°1741/96, Ley N° 11.459) que deberá acompañar con la Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 11.723) ante los organismos de aplicación y fiscalización (OPDS, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

Debido a la generación de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes renovables, podrá hacer uso de beneficios impositivos, para este proyecto se utiliza la amortización acelerada del impuesto a las ganancias y también puede obtener el uno coma cinco

centavos por kilovatio hora (0,015 \$/kWh) generado del Fondo Fiduciario de Energías Renovables (Ley N°26.190, Decreto 562/09).

El costo de inversión de la planta de biogás asciende a un total de \$884.414,38, de los cuales los activos tangibles representan un 86, 7%, los activos intangibles un 11, 5%, el capital de trabajo un 0,8% y considerando un 1% para los imprevistos.

El tiempo estimado para construcción del biodigestor es de 6 meses y un período de 2 meses para la puesta en marcha.

El costo de funcionamiento de la planta asciende a \$138.277,7 anuales (35% respecto de los ingresos), compuesto por un 20% correspondiente a la operación y mantenimiento de las estructuras físicas, un 3% al transporte de materia prima, un 64% del costo de mano de obra y un 13% de seguros.

Este proyecto posee dos vías de ingresos: la primera mediante la venta de energía eléctrica producida a través de la transformación de biogás. La valoración de la energía se realizó mediante un análisis de tendencia y estacionalidad del precio monómico del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). El ingreso estimado por venta de energía eléctrica es de \$ 124.268,48 anuales que implican aproximadamente 500.000 kWh inyectados a la red.

La segunda vía de ingreso corresponde a la obtención del biofertilizante que reduce el gasto en fertilizantes comerciales para el productor en un total de \$274.709,81 anuales. El fertilizante fue valorado en función de su composición de NPK.

El valor de desecho del proyecto fue estimado a partir de lo que es capaz de generar desde el momento en que se evalúa en adelante (método económico) y su valor asciende a \$1.079.248,79.

El costo de inversión del proyecto es financiado en su totalidad por un sistema crediticio específico para proyectos alineados con la Producción Limpia y Preservación del medio Ambiente (Adquisición o Construcción de Plantas y/o Equipamiento con Aplicación Medioambiental) del Banco de la Provincia de Buenos Aires, con una tasa respectiva del 17,5%. El préstamo se amortiza mediante el Sistema Alemán, con un plazo máximo de 36 meses con 6 meses de gracia. Es de destacar en este punto que según una entrevista mantenida con el Gerente del BAPRO, el productor en cuestión, es sujeto de crédito y confirmó que inclusive podría acceder a créditos de un monto superior al requerido por este proyecto.

En la construcción del flujo de caja se aplicó un impuesto a las ganancias del 35% correspondiente a la SRL.

#### *Análisis de la Evaluación Económica*

De los resultados obtenidos en la evaluación económica de este proyecto, se puede afirmar que la ganancia acumulada neta del proyecto (expresada en unidades monetarias del año cero) es de \$164.228,73 pesos.

Así mismo la tasa de retorno promedio anual que generaría este proyecto es de 21,2%. El período de recuperación (sin financiamiento) nos indica que la inversión se recobrará en el período 10<sup>mo</sup>.

#### *Análisis de la Evaluación Financiera*

La contribución del proyecto en términos de valor presente (considerando una deuda de \$884.814,4 pesos), durante los 10 años es de \$299.221,02 pesos.

Por otro lado la tasa interna de rendimiento promedio anual que generaría la inversión de este proyecto es del 34,1%.

El período de recupero de la inversión se logra en el 8<sup>vo</sup> año.

#### *Análisis de Sensibilidad*

Para el estudio de sensibilidad se analizaron las variables del precio de la energía y el precio del biofertilizante.

Ante una baja del 32,48% (0,1779 \$/kWh) del precio de la energía no se registran beneficios actualizados. Además queda evidenciado que el VAN es muy sensible ante una variación de este parámetro (valor absoluto de la elasticidad 5,16).

Del análisis estadístico del precio monómico surge que la probabilidad de ocurrencia de este evento es nula.

En cuanto al precio del fertilizante, frente a una reducción del 14,7% (18,7682 \$/Tn) se deja de percibir valores positivos en el VAN y a su vez el análisis muestra que es notablemente elástico (valor absoluto de la elasticidad 12,60) ante los cambios en esta variable.

#### *Aporte de capital*

Se evaluó la variación de los costos financieros frente al aporte de capital. Los resultados refieren a que con un aporte del 50%, el período de recupero de la inversión se realiza en el 2<sup>do</sup> año.

Es de destacar que a parte de los beneficios monetarios de este proyecto, se obtienen también beneficios implícitos o externalidades no cuantificadas (exceden a este proyecto) que contribuyen al logro del objetivo principal del productor, alcanzar el saneamiento de su sistema productivo, con una tecnología que le permite reducir el impacto ambiental aportándole a su vez beneficios energéticos.

La puesta en marcha conlleva las actividades de selección del inóculo óptimo para comenzar el proceso anaeróbico de digestión, su recolección y carga del biodigestor. A su vez se realiza el aumento gradual de la temperatura para generar el ambiente propicio para la actividad bacteriana, acciones que llevan un total de 68 días (2 TRH). Mientras se debe realizar el control de los parámetros de funcionamiento del sistema que aseguran la continuidad del proceso biológico. Ante cualquier variación se debe realizar el acondicionamiento respectivo.

Durante la etapa de operación se pretende mantener el proceso de degradación controlado para lograr una óptima generación de biogás y biofertilizante. Para ello, se deben realizar las acciones necesarias de mantenimiento y limpieza dentro de la planta. En cuanto a las condiciones de seguridad se debe esencialmente concientizar al personal de que se trabaja en una planta de generación de combustible, y como tal, deben atenerse a determinadas normas de seguridad para evitar explosiones, emanación de gases o derrames de lixiviados que pueden poner en riesgo la salud de las personas y las instalaciones.

Ante lo expuesto y considerando que la evolución de los mercados y el crecimiento poblacional del planeta están inmersos en una dinámica vertiginosa consideramos que la toma de decisiones debería contemplar dicho cambio. El uso acelerado de los recursos energéticos finitos, el impacto ambiental asociado a la producción y los precios de las materias primas energéticas, confieren a las fuentes renovables de energía una importancia creciente en la estrategia de las políticas energética y medioambiental. Sumado el impacto potencial en el sector de interés de este proyecto, los tambos de la Cuenca Oeste, y la situación por la que atraviesa el sector primario, se puede estimar que la inclusión de la tecnología de digestión anaeróbica para el tratamiento de efluentes puede conferirle al sistema productivo mayor competitividad, sustentabilidad, rentabilidad y minimización del riesgo, permitiéndole generar mayor independencia y solidez. Esto le permitiría sostener un mejor posicionamiento a la hora de negociar frente al sector secundario y afrontar con mayor flexibilidad los cambios del mercado, de las políticas nacionales e internacionales. De esta manera quedaría con un buen posicionamiento la tecnología de digestión anaeróbica otorgándole al productor el beneficio de la oportunidad para hacer frente a las normativas ambientales, obteniendo beneficios energéticos y podría aprovechar el impulso nacional tanto con las fuentes de financiamiento como con los beneficios impositivos.

La disposición de los factores que se presentan en la actualidad desde el punto de vista energético, financiero, productivo y ambiental sumado a las posibilidades regionales de acceso a la capacitación y asesoramiento científico - tecnológico de una UTN, como a las características de los recursos naturales (suelos permeables, grandes extensiones de tierra, etc.) de la zona presentan una oportunidad significativa para el desarrollo y la aplicación de la digestión anaeróbica como alternativa de tratamiento de los efluentes de tambo.

# SECCION I

## PRESENTACION

---

## 1.1. Marco del proyecto

El presente proyecto fundamenta su desarrollo en la aplicación de soluciones a la problemática asociada a la generación de efluentes de un productor primario de la cadena láctea.

El productor manifiesta su interés principal en realizar el saneamiento del residuo generado en sus establecimientos tamberos para evitar el posible impacto a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, dado que el sistema actual de tratamiento expone al medio a un riesgo potencial de contaminación.

Ante la situación planteada, proponemos mediante este estudio la utilización de la tecnología de digestión anaeróbica para el tratamiento de los efluentes.

Esta tecnología además de cumplir con el objetivo principal del productor le confiere un valor agregado al proceso productivo maximizando la eficiencia de sus recursos a través la valorización de sus residuos.

Dicha valorización se realiza mediante la utilización de los dos subproductos generados durante el proceso de estabilización del efluente: el biogás, como fuente de energía, y la aplicación de la biomasa estabilizada residual como biofertilizante.

Este agregado económico no solo presenta un beneficio en utilidades para la empresa sino que le genera un mejor posicionamiento frente a la tendencia inexorable de los mercados en cuanto a calidad ambiental y amplía el horizonte de financiamiento de este proyecto.

## 1.2. La empresa

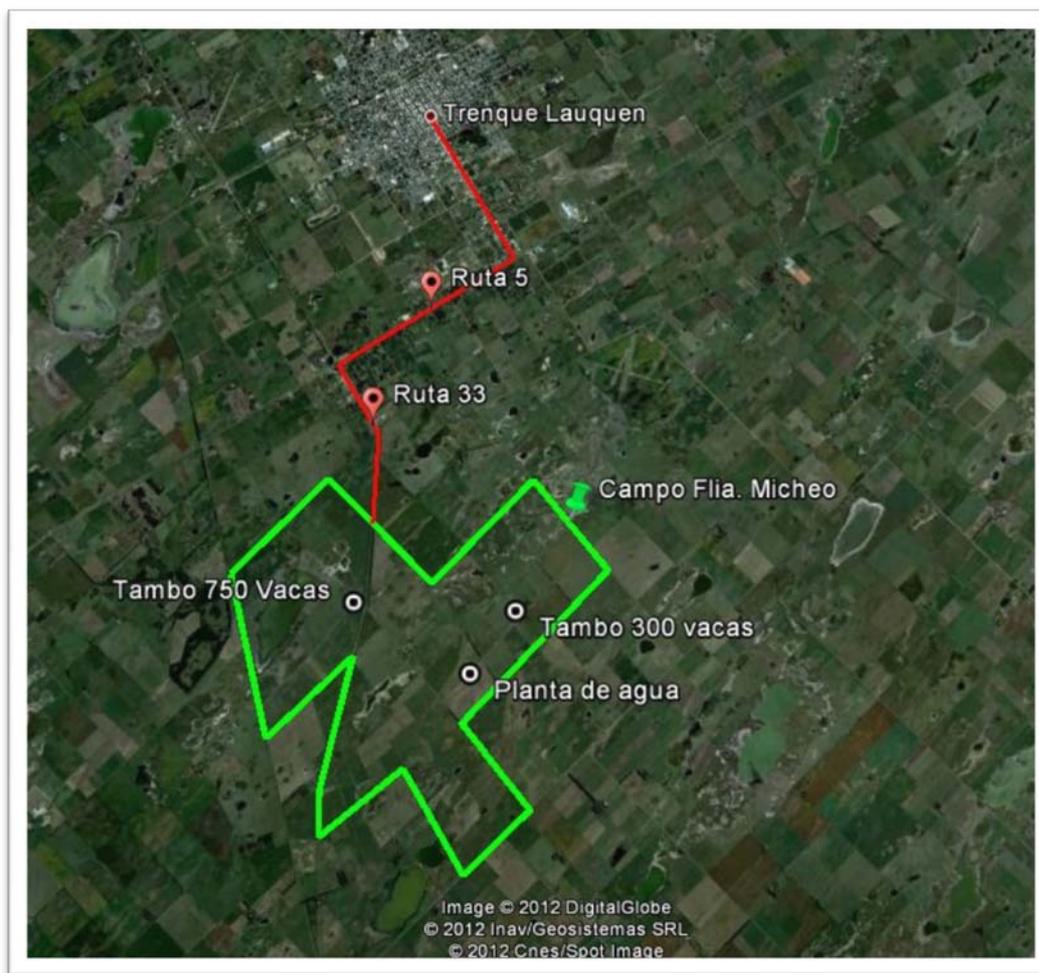
La Empresa pertenece a la Familia Micheo, establecida en Trenque Lauquen desde hace varias generaciones y con una amplia trayectoria en la actividad agrícola ganadera. Participan de la cadena láctea como productores primarios.

La cuestión que concierne a este proyecto es específicamente la actividad tampera que realizan en un predio que comprende 703,96 hectáreas en las que se encuentran localizados dos tambos de distintos tamaños, una planta extractora y envasadora de agua y 509,18 hectáreas útiles para siembra.

En "Los baguales" en adelante tambo 1, tiene un total de 750 vacas en ordeño y está localizado a 11 Km de la ciudad de Trenque Lauquen sobre la Ruta Nacional 33 (Latitud: 36° 3'7.42"S y Longitud: 62°44'39.02"O, Google Earth)

El tambo "Héctor Micheo" en adelante tambo 2, tiene un total de 300 vacas en ordeño y está ubicado aproximadamente a 4 km del tambo 1 (Latitud: 36° 3'12.10"S y Longitud: 62°42'51.19"O, Google Earth).

La planta de agua está localizada a 1,3 km del tambo 2 destacándose la importancia de realizar un saneamiento de efluentes para evitar lixiviaciones a la napa, con su consecuente contaminación.



**Figura 1. Localización geográfica del predio perteneciente a Familia Micheo.**  
Fuente: Google Earth, 2012.

### 1.3. Antecedentes preliminares

El incremento de la población, el desarrollo tecnológico y la tendencia progresiva de consumo, han originado una mayor demanda de alimentos, lo que, entre otras cosas, originó la intensificación de los sistemas productivos, estableciendo así un desafío trascendental de la sociedad actual, conservar y proteger el equilibrio entre la producción de alimentos, crecimiento socioeconómico y el resguardo del medio ambiente.

La expansión agrícola y su incompatibilidad estructural de tamaño, productividad e ingresos respecto de la actividad pecuaria produjo una contracción del sector ganadero en superficie, a expensas de una mayor intensificación, generando nuevas oportunidades económicas que trae asociada una serie de externalidades negativas que repercuten en la sustentabilidad del sistema en su conjunto.

Nuestro país ha iniciado desde hace algunos años un rápido proceso de intensificación de la producción de leche, el indicador importante es el tamaño de los rodeos (Taverna et al, 1999), con un incremento de la escala y más vacas por unidad de producción, con una mayor producción por vaca.

Esta situación incrementará los flujos de energía y nutrientes en los tambos fundamentalmente el estiércol, y si no es manejado en forma conveniente, se convierten en los principales responsables de la contaminación ambiental con potenciales impactos sobre el aire, suelo y agua. Por este motivo realizar un incorrecto manejo de los efluentes

de tambo tiene efectos perjudiciales en el corto, mediano y largo plazo. Estos efectos pueden clasificarse en físicos, químicos, biológicos, sanitarios, económicos y sociales (Producción Responsable y la Fundación Julio Ricaldoni, 2008).

Paulatinamente, se ha comenzado a tomar conciencia sobre el mal manejo y la problemática que esto acarrea, ya que los efluentes afectan la calidad de aguas superficiales y subterráneas, de los suelos, y de la salud humana y animal.

Por otra parte, según la FAO, el sector ganadero es responsable del 18% de emisiones de gases de efecto invernadero, pero lo que es más grave, es que las actividades del campo implican el 37% de las emisiones de metano, que es 20 veces más potente que el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y el 67% de las emisiones de óxido de nitrógeno, 310 veces más potente (FAO, 2006).

Simultáneamente, las presiones por el cumplimiento de normativas internacionales y de exigencias comerciales en materia ambiental se acrecentarán en los próximos años, con el objetivo de producir en mejores condiciones de vida y trabajo, no dañando el ambiente, generando condiciones de salud y bienestar animal, y certificando la calidad e inocuidad de los alimentos desde su origen (Vieytes, 2011).

Preocuparse por la gestión de los efluentes generados en el tambo admite realizar la planificación de disposición final, contemplando el cuidado de los recursos naturales y la sustentabilidad de la producción, diseñando, manteniendo y operando correctamente los sistemas.

Los efectos adversos previamente mencionados se pueden reducir con un manejo adecuado de los residuos generados en el área de ordeño, a su vez estos compuestos son comúnmente pensados como desechos, por lo tanto si se los considera como “subproductos” de la actividad, y correctamente manejados, pueden revalorarse y reutilizarse.

Si los efluentes son vertidos a cuerpos de agua superficial sin un correcto tratamiento, producirán la contaminación de ríos y arroyos con nutrientes, que disminuirán el oxígeno del agua, produciendo su deterioro (Fernández, E. y Enríquez, M. 2010).

Actualmente, un gran porcentaje de los tambos del territorio nacional, destinan sus efluentes a través de tratamientos de sistemas de lagunaje abierto; en menor proporción se utiliza el sistema de lagunaje en serie (aeróbicas, facultativas y anaeróbicas) que no produce completamente la transformación de los residuos con el agravante de la generación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

La falta de conciencia en el tema ambiental también es un déficit en esta área, lo cual provoca la creciente contaminación de los recursos naturales (Charlón, V., INTA Rafaela, 2008).

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los tambos no posee instalaciones adecuadas para el correcto tratamiento de estos efluentes (Taverna et al). Cuando quedan retenidos en lagunas abiertas sin impermeabilización que se ubican cercanas al tambo, en las cuales los efluentes pasan por diferentes etapas de descomposición, generan el riesgo de producir la contaminación de las aguas subterráneas, pudiendo afectar muchas veces a la propia perforación que se utiliza en la instalación.

En la mayoría de los casos no se controla ni el tiempo de residencia de los efluentes en las mismas ni su calidad en la descarga, la que habitualmente se distribuye dentro del mismo predio del establecimiento con fines de riego o de “fertilización”, aún sin conocer los niveles de nutrientes que pudiera aportar al sistema ni la capacidad de amortiguación del ecosistema para absorber los mismos.

La tecnología que viene desarrollándose a partir de los requerimientos de sustentabilidad de los recursos de la sociedad actual, es la digestión anaeróbica, sobre todo en países que cuentan con programas de soporte en el área agrícola, ambiental y energética, específicamente, con actividades programadas en investigación y desarrollo debido a que es una propuesta de acción para la mejora de las problemáticas ambientales, con potencial energético y mitigación de gases de efecto invernadero vinculados a la producción de tambos.

Este proceso anaeróbico permite transformar y valorizar el residuo orgánico convirtiéndolo en dos subproductos: por un lado una fuente de energía renovable, el biogás y por otro en biofertilizante, con importantes características nutricionales para el recurso suelo.

Esta tecnología está en línea con los objetivos primarios que a lo largo de los últimos años ha perseguido el sector *lechería*, el de alcanzar la estabilidad de la actividad asegurando mejores niveles de rentabilidad, lograr la construcción de capital social y alcanzar el planeamiento estratégico sustentable (PEL, 2008).

Según Charlón, 2007, las perspectivas de futuro presentan el siguiente escenario:

- “La producción mundial crecerá en menor proporción que la demanda
- Existirán posibilidades concretas de aumentar significativamente la producción nacional y su participación en el mercado internacional
- Implementación de sistemas con alta productividad dentro de un contexto de sustentabilidad económica y ambiental.”

Otro punto que se debería considerar para el planteo de futuras estrategias para incrementar la competitividad del sector, es la variable que en producciones agroindustriales son dominantes los procesos de polución difusa y la fuerte relación entre la producción y sus productos de desecho. Relación que altera tanto a las opciones de tratamiento, la economía de la producción y la sustentabilidad de largo plazo del proceso productivo. Dicha interrelación entre estos aspectos es trascendental en consideración a los problemas de contaminación en la producción agropecuaria, específicamente en la producción de leche. Por lo tanto los sistemas de regulación legal y de prácticas de tratamiento debería considerar como objetivo principal a esta particular y compleja circunstancia de la producción lechera, que hace de sus desechos un componente sustancial de la intensificación de la producción y del aumento de productividad (Gutierrez, S. y Cabrera N., 2008).

En el contexto de la situación hasta aquí expuesta proponemos analizar y evaluar mediante el presente estudio de inversión, la aplicación de la tecnología de digestión anaeróbica como proceso de transformación de los efluentes de tambo, que permite recuperar y valorizarlos con generación de energía alternativa y reutilización del alto contenido de micronutrientes de la materia orgánica.

Destacamos que el concepto de **fuente de energía alternativa** es utilizado como aquella fuente de energía que además de ser renovable, contamina y modifica de manera muy escasa el medio ambiente (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, 2009).

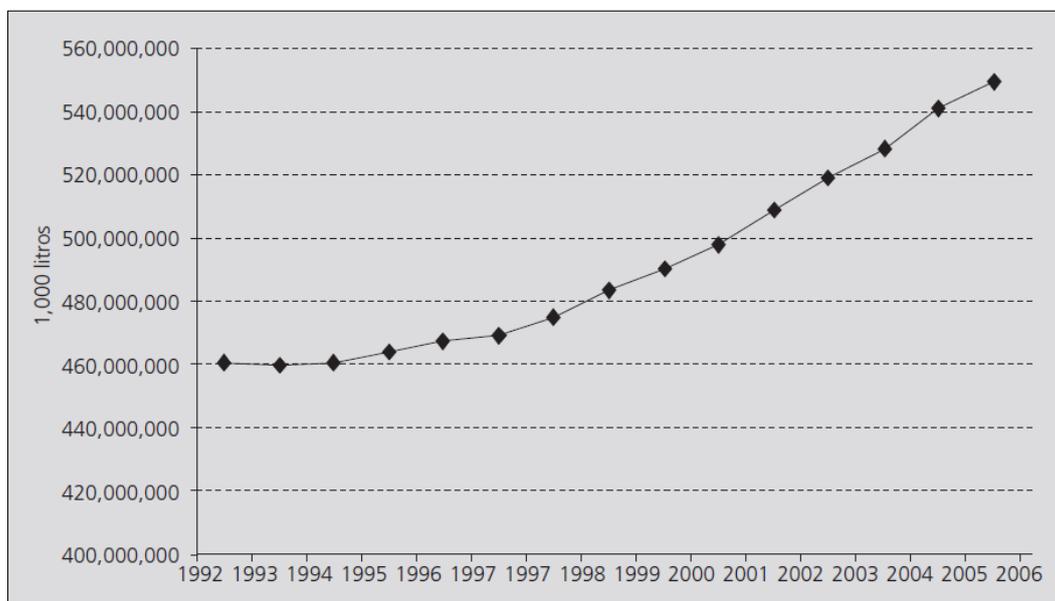
### **1.3.1. Sector lácteo**

#### **1.3.1.1. Panorama Internacional**

En los últimos 15 años, la producción mundial de leche ha crecido a una tasa acumulativa del 1,27% pero con grandes disparidades. China tuvo el mayor crecimiento con el 408%,

le sigue India con un 36%, en cambio Rusia decreció un 8,2%, quedando Argentina en el medio con un 14,1% de crecimiento. Durante el 2010 se produjeron un total de 437,9 millones de toneladas de leche cruda, lo que significó un incremento del 1,1% en comparación con el año anterior (Galletto, A. 2008)

En este contexto, en donde la demanda mundial crece a una tasa mayor que la oferta, se ejerce una fuerte presión hacia arriba del precio de la leche, pero también aumentan los costos de producción, lo que ocasionará en un futuro que el mercado reaccione.



**Figura 2. Evolución de la producción mundial de leche de vaca, 1992-2006**

Fuente: FAOSTAT [www.fao.org](http://www.fao.org)

Los principales exportadores de leche son los países desarrollados con un 93% de las exportaciones y 62% de las importaciones. La producción de leche en los países en desarrollo crece con fuerza y aumenta el número de vacas.

Si bien se estableció anteriormente los países que más crecieron en los últimos 15 años, los referentes más importantes de la industria láctea los podemos agrupar en EEUU y Canadá, países de la Unión Europea y Nueva Zelanda. En todas las principales características son los regímenes de producción intensiva. En términos generales, puede establecerse una relativa homogeneidad de tamaños de los establecimientos lecheros europeos en comparación con la muy fuerte dispersión de EEUU y Canadá. Hay una muy marcada diferenciación regional, y de escalas de producción de leche en los EEUU.

Nueva Zelanda es un país de alta especialización agroindustrial, de la que provienen el 66% de sus exportaciones totales, componiendo un listado de más de 1000 productos. El 95% de la producción del sector es destinado a la elaboración y exportación. La lechería neozelandesa es intensiva también en mano de obra con unos 42.000 trabajadores de los 115.000 ocupados en la zona rural.

### 1.3.1.2. Panorama Nacional

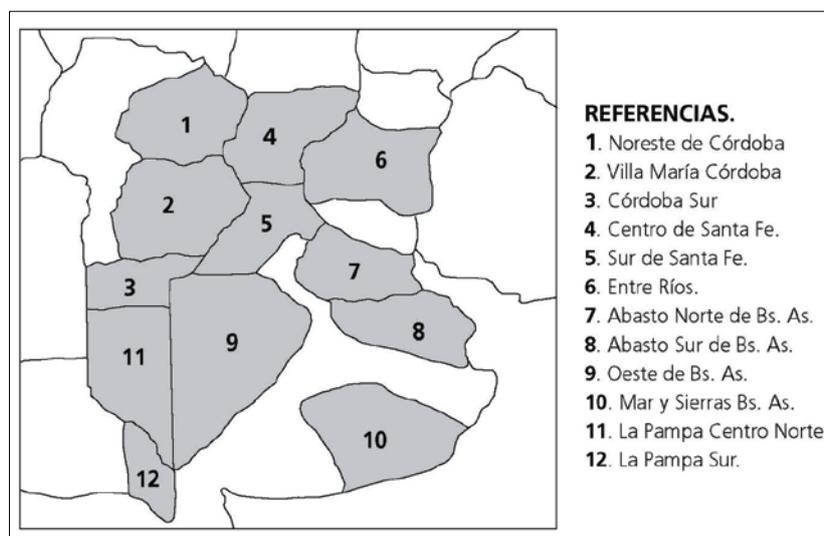
En términos de producción primaria, se prevé una continuidad en el proceso de concentración de la producción de leche en el mundo. El solo análisis del constante incremento de los costos fijos, indica una necesidad de incrementar la escala para poder disolver los mismos y mantener márgenes positivos. En el caso argentino, el avance de la

agricultura sobre suelos dedicados a la ganadería y el alto valor de la tierra, entre otras razones, contribuyen a “ cercar” aún m ás las vacas y a acelerar no solamente la concentración de los sistemas de producción, sino también la intensificación de la producción de leche.

La cadena láctea Argentina es un sector muy dinámico y compite con algunas actividades por el uso de la tierra como con otras de carácter industrial. Por ejemplo, la producción de leche a nivel primario es cuatro veces superior al total facturado por la producción nacional de maquinaria agrícola, duplica el producido en girasol, es similar a la producción de fármacos y representa alrededor de un 25% del valor de producción de la soja (CEPAL, 2008).

Durante el período 1986-2005 se redujo casi en 50 % el número de tambos, disminuyó 30% el rodeo lechero y aumentó casi 50% la producción de leche. Este gran salto productivo se complementó con una mejora en la calidad de la materia prima y una expansión de la inversión industrial (Gutman, 2005). Durante ese mismo período, las inversiones nacionales e internacionales, alcanzaron casi los dos mil millones de dólares. El destino de las inversiones fue la radicación de nuevas empresas y la ampliación de la capacidad instalada, principalmente para la elaboración de leche en polvo (PEL, 2008).

La estructura primaria del complejo lácteo argentino se encuentra conformada por 11.168 tambos (SENASA, 2008) localizados en diversas cuencas lácteas, Figura 3. El tambo medio posee alrededor de 250 has, de las cuales el 85% se destina al rodeo de tambo y el resto a agricultura, con la característica de que el 64% de los tambos alquilan la mitad de la superficie operada. La productividad media estimada es de 4.200 litros de leche por hectárea por año (Mancuso y Terán, 2008).



**Figura 3. Distribución de Cuencas Lácteas.**

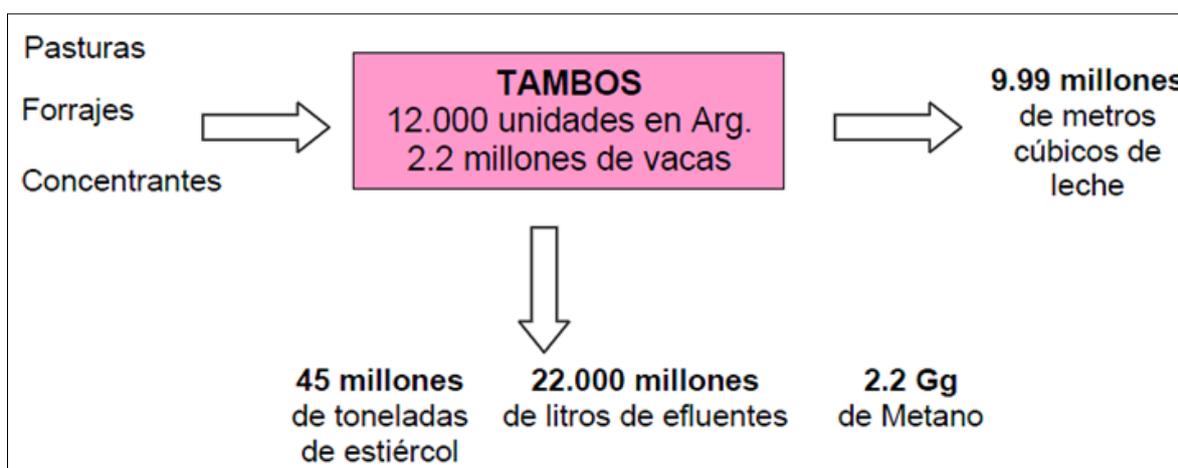
Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios, Resumen estadístico de la cadena láctea de la provincia de Buenos Aires, 2010.

Tanto la producción lechera como la elaboración de productos lácteos, se encuentran establecidas en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires.

La industria procesadora se encuentra estratificada, con la presencia de un reducido número de empresas grandes y varios centenares de pequeñas y medianas firmas, que totalizan 848 plantas; y un sector de distribución minorista concentrado en las grandes cadenas de hiper y supermercados, que canalizan un 30% de los productos lácteos y un sector de comercios de proximidad y autoservicios que comercializan el otro 70% (PEL). Las plantas elaboradoras están distribuidas en aquellas provincias donde la actividad

lechera es importante. La mayor parte de las plantas están localizadas en la provincia de Buenos Aires (24%), Córdoba (36%), Santa Fe (36%), Entre Ríos (3%) y La Pampa (1%) (Ministerio de Asuntos Agrarios, 2010).

Las últimas décadas han marcado un importante avance tecnológico en el campo, el tambo sin duda tiene una constante evolución para poder optimizar la producción y mejorar el rinde. El incremento permanente de la producción es un concepto instalado en la conciencia de los tamberos argentinos. Productividad y eficiencia son los pilares donde se apoya la rentabilidad de toda producción agropecuaria. La mayor productividad le dará la mejor eficiencia, y dentro de ésta, dos rubros que son de suma importancia: Higiene - Sanidad - Calidad - Reducción del impacto ambiental y la Elaboración, a partir de sus residuos orgánicos, de un insumo de alta calidad para consumo propio del establecimiento, o de su venta en su totalidad. En el siguiente diagrama se puede observar el balance de de la producción lechera en Argentina.



**Figura 4. Diagrama de balance de masas de la producción lechera.**

Fuente: Charlón V., Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas. Methane to markets, INTA, 2007.

### 1.3.1.3. Panorama Regional

La Cuenca Oeste cuenta con un total de 1.362 tambos (Ministerio de Asuntos Agrarios, 2010), ocupa el tercer lugar en capacidad productiva y el primer lugar entre las Cuencas de la Provincia de Buenos Aires en cantidad de tambos que la conforman con el mayor volumen de producción.

El partido de Trenque Lauquen se encuentra contenido por dicha Cuenca, donde se localizan 226 tambos (17%) del total de la Cuenca.



### **1.3.2. Composición y efectos de los efluentes de tambo**

Los efluentes de tambo generalmente contienen excretas, orina y agua de lavado de las instalaciones, además de restos de leche, detergentes y otros productos químicos utilizados. Debido a ello, la composición del efluente es elevada en sólidos, nutrientes, materia orgánica y microorganismos que son capaces de degradar el medioambiente que reciba esta descarga (cuerpo de agua y/o suelo) (Taverna et al, 1999; Vieytes, 2011; Pordomingo, 2002).

A continuación se describen algunos efectos que surgen de un inadecuado manejo de los efluentes de tambo o la falta de manejo alguno.

Según Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA, Departamento de Recursos Naturales, 2006), los impactos ambientales provenientes de las deyecciones ganaderas en función del medio afectado pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Impacto en la atmósfera: emisión de olores, liberación de gases con efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, llegada de microorganismos mediante bioaerosoles, etc.
- Impacto en el agua: contaminación de aguas subterráneas y superficiales por compuestos orgánicos e inorgánicos, tanto por lixiviación, como por vertido o escorrentías, contaminación biológica, eutrofización de ecosistemas acuáticos, etc.
- Impacto en el suelo: contaminación por componentes orgánicos e inorgánicos de las deyecciones, degradación por salinización o por desestabilización de su estructura, contaminación microbiana, parasitaria, etc.
- Impacto en los alimentos: contaminación microbiológica de productos para consumo humano o animal por contacto directo o indirecto con gérmenes procedentes de las deyecciones.

#### **1.3.2.1. Impactos potenciales sobre la atmósfera**

Los potenciales impactos de las deyecciones ganaderas sobre la atmósfera son la generación de olores, la emisión de gases acidificantes y de efecto invernadero, así como la liberación de microorganismos en forma de bioaerosoles.

##### **1.3.2.1.1. Emisión de olores**

Si bien la importancia del olor puede considerarse marginal en comparación al resto de impactos potenciales, ya que los daños sobre la salud, de presentarse, sólo aparecerían a muy cortas distancias y grandes concentraciones de las sustancias liberadas, su importancia económica y social es muy grande y, por tanto, estas explotaciones productivas pueden verse muy afectadas en cuanto a su localización y funcionamiento. El olor en este tipo de residuo se debe fundamentalmente al amoníaco, gas detectable en concentraciones de entre 15 y 25 ppm. Por otra parte cuando se produce la descomposición de los mismos en ausencia de oxígeno se liberan compuestos como sulfuro de hidrógeno, escatoles, índoles, aminas, mercaptanos y otros gases sulfurosos, detectables a concentraciones muchísimo menores. Por este motivo el tratamiento de los efluentes es muy importante y beneficia a la calidad e intensidad de las emisiones de olores. En cuanto a su disposición agrícola, ésta también dará lugar a la aparición de olores más o menos intensos en función de la metodología utilizada en la aplicación.

##### **1.3.2.1.2. Emisión de gases acidificantes**

La acidificación de suelos y aguas superficiales suele ser ocasionada por el amoníaco, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. El amoníaco deriva fundamentalmente de fuentes agropecuarias, precisamente de las que genera el manejo de ganado y de las emisiones de fertilizantes y descomposición orgánica. Tiene una vida media en la atmósfera que fluctúa entre tres y seis días, y no se traslada normalmente más allá de unos cientos de

kilómetros desde su lugar de emisión, por lo que se considera un contaminante a *escala regional*. Gran parte es depositada cerca del punto de emisión, mientras que el resto puede formar compuestos y aerosoles amoniacales que pueden trasladarse a distancias superiores por canalización hacia el sistema de laguneo sin impermeabilizar sobre el terreno. Cuando estos compuestos nitrogenados llegan a las aguas superficiales se contribuye a su eutrofización, mientras que cuando llegan al suelo se produce su acidificación, mayor o menor en función de la capacidad de taponamiento de éste.

#### **1.3.2.1.3. Emisión de gases de efecto invernadero**

La actividad pecuaria tiene incidencia en la generación de metano y de óxido nitroso. Las posibles fuentes de emisión son las siguientes:

- Fermentación entérica en ganado doméstico. La constitución del aparato digestivo de los animales y su dieta son los principales factores que influyen en las cantidades de metano producidas. Los rumiantes son las especies con mayores tasas de emisión, destacando fundamentalmente los ganados vacuno y ovino. En cuanto a la dieta, cuanto mayores sean las cantidades y menor la digestibilidad de los materiales, mayores serán las emisiones de metano.
- Gestión de estiércoles. En este caso hay que considerar emisiones tanto de metano como de óxido nitroso, y el sistema de gestión es un factor clave en cuanto al tipo de gas formado y las cantidades liberadas. Cuando la descomposición se efectúa en ausencia de oxígeno se produce metano por la acción de bacterias metanogénicas y la proporción transformada es determinante de la cantidad de gas generada. En estado líquido es mayor la cantidad de generación que cuando las deposiciones se manejan en pilas o se aplican sobre los suelos agrícolas. Por su parte, el óxido nitroso se produce por el ataque secuencial de los organismos nitrificantes y desnitrificantes a los compuestos amoniacales formados en la mineralización del nitrógeno orgánico contenido en el residuo.
- Suelos agrícolas. En este caso se consideran únicamente las derivadas de la incorporación al suelo de fertilizantes orgánicos transformados a partir de las deposiciones ganaderas y del pastoreo.

#### **1.3.2.1.4. Emisión de patógenos o sustancias de origen biológico**

Como se mencionó con anterioridad se produce la formación de bioaerosoles en los puntos donde las deyecciones se encuentran en contacto con el aire, principalmente en los momentos de su aplicación agrícola o en los lugares donde se encuentran esparcidas o almacenadas de manera que se quedan expuestas a la acción del viento. En estos la movilización de gérmenes o partículas dañinas y las distancias a las cuales pueden ser transportados son importantes y los daños no sólo afectan a los humanos sino que en muchos casos el aire es vía de transmisión de las enfermedades del ganado.

La concentración de patógenos en los residuos ganaderos es una de las claves en la emisión posterior de los mismos en forma de bioaerosoles, es decir que cualquier factor que afecte a su supervivencia o desarrollo vital influirá en el potencial de emisión. La temperatura, el contenido de humedad, la concentración de amonio, la duración de los tratamientos y la composición de la flora microbiana afectarán a la concentración final de patógenos y son los factores claves para la destrucción o inactivación de los patógenos. Otros factores que afectan directamente son. Las condiciones meteorológicas al momento de la liberación, el volumen y la tasa de supervivencia y crecimiento de los patógenos. En cuanto a las técnicas de aplicación agrícola de las deposiciones es un punto nodal dado que los esparcidores habitualmente utilizados (estercoleros) pueden representar un riesgo de salud serio, tanto para los operarios como para el ambiente. En la actualidad se está investigando el caso no sólo en la búsqueda de desarrollo de las

técnicas que minimicen el impacto sino también debido a las restricciones de la legislación aplicada al uso de todos los residuos potencialmente peligrosos.

### 1.3.2.2. Impactos potenciales sobre las aguas y suelo

Los medios de entrada son los siguientes:

- Deposición atmosférica. Tratada anteriormente.

Canet, Ribó, Pomares y Albiach señalan sobre impactos potenciales en agua y suelo lo siguiente:

- Escorrentías. La aplicación agrícola de deyecciones debe realizarse con especial cuidado en suelos donde se pueden generar escorrentías debido al régimen climático, una baja permeabilidad hídrica o a pendientes excesivas. Estas escorrentías arrastran consigo cantidades importantes de suelo y de las propias deyecciones, y pueden ser una fuente importante de contaminación química y biológica de las aguas superficiales. Se recomienda por tanto una incorporación temprana de los materiales aplicados, la práctica de técnicas de conservación del suelo y evitar la aplicación en periodos de alta precipitación

- Evacuaciones animales directas al cauce. Si bien es una vía minoritaria, puede revestir gravedad en el caso de lagos o lagunas.

El riesgo más relevante es el de eutrofización por entrada en el medio de una carga nutritiva que distorsiona por completo el funcionamiento del ecosistema. Un enriquecimiento del agua en nutrientes inorgánicos que provoca la estimulación de un conjunto de cambios sintomáticos: un incremento en la producción de algas y de otras plantas acuáticas que afecta a la calidad del agua y que distorsiona el balance y las relaciones tróficas de los organismos presentes. El fósforo y el nitrógeno, abundantes en las deyecciones ganaderas, son factores limitantes de la vida en el medio acuático y por ello cuando llegan al agua provocan una explosión biológica asociada a una proliferación excesiva de algas y a una reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, que puede provocar mortandades de la fauna piscícola y alteraciones irreversibles del equilibrio microbiano. La descomposición de todo este material biológico formado, especialmente en condiciones deficitarias de oxígeno, puede dar lugar a olores ofensivos y afectar el sabor de las aguas de bebida. La eutrofización no sólo es un severo problema ambiental, sino que las toxinas liberadas en la descomposición de cianobacterias y la proliferación de dinoflagelados lo convierten también en un riesgo para la salud humana.

- En el caso de las aguas subterráneas, la principal vía de contaminación es el lavado de nutrientes y otras sustancias a través del perfil de suelos donde se han efectuado aplicaciones agrícolas de las deyecciones, aunque tampoco hay que descartar contaminaciones puntuales debidas a grietas en balsas de almacenamiento. El impacto de mayor importancia es la contaminación por nitratos, dada la elevada movilidad en el suelo de este compuesto debido a su carga negativa y a los serios riesgos involucrados para la salud si el agua se utiliza para consumo humano. La ingestión excesiva de nitratos puede causar metahemoglobinemia, enfermedad en la que se altera la hemoglobina de la sangre, de manera que no puede transportar oxígeno a las distintas partes del cuerpo. Existe una mayor sensibilidad a la enfermedad por parte de los lactantes y de los niños menores de seis años, debido a que la menor acidez de su estómago favorece la conversión de nitrato en nitrito, que es el agente alterador de la hemoglobina. En segundo lugar, se ha sugerido en numerosas ocasiones que el nitrato puede producir cáncer gástrico al producirse nitrosaminas por mediación de

la flora microbiana del sistema digestivo, aunque aún no se ha podido demostrar de forma taxativa.

### **Impactos potenciales sobre el suelo**

- Patógenos: Cuando las deyecciones ganaderas son aplicadas al suelo su carga microbiológica llega también al mismo, y por tanto puede resultar perjudicial directamente a la fauna en contacto con el mismo o indirectamente a través de los productos cultivados. Si bien la magnitud del impacto depende a corto plazo de la población de patógenos existente en los residuos y de las cantidades de los mismos que llegan al suelo, resultan casi más importantes los factores que influyen en la tasa de supervivencia de los patógenos en un medio adverso como el suelo, ya que los factores meteorológicos, la presión ecológica por parte de la microflora autóctona y la propia resistencia de los microorganismos serán decisivos para el mantenimiento del riesgo de infección tras la aplicación de las deyecciones (Canet et al, 2006).

### **1.3.2.3. Cuantificación de emisiones de metano**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires a realizado un Estudio de Performance Ambiental para el Fondo Argentino de carbono (FAC) mediante el cual realizaron la cuantificación de las emisiones de metano por manejo del estiércol para cada sector productivo, por provincia y región, aplicando el método del nivel 2 de las Directrices del IPCC<sup>1</sup> de 2006 para los inventarios nacionales de GEIs, que es una estimación más completa de las emisiones de metano ya que discrimina especies y categorías particulares y requiere de información detallada sobre las características del animal y las prácticas de manejo del estiércol.

Estos cálculos se realizaron en base a los datos de poblaciones de cada sector reportados por las encuestas y mostrados como promedio por región.

Los resultados obtenidos en los establecimientos tamberos encuestados son los siguientes:

- Promedio de metano generado por manejo de estiércol en sistemas de lagunas: 350 y 1.200 tCO<sub>2</sub>e<sup>2</sup> anuales.
- Potencial de generación de metano por provincias se muestra en la siguiente tabla:

<sup>1</sup>IPCC: El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático es el principal organismo internacional para la evaluación del cambio climático. Fue establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para proveer al mundo con una clara visión científica sobre el estado actual del conocimiento en el cambio climático y sus posibles impactos ambientales y socioeconómicos. La Asamblea General aprobó la acción de la OMM y el PNUMA en establecer conjuntamente el IPCC. El IPCC es un organismo científico. Se revisa y evalúa la información más reciente información científica, técnica y socio-económicos producidos a nivel mundial relevantes para la comprensión del cambio climático. Miles de científicos de todo el mundo contribuyen a la labor del IPCC sobre una base voluntaria.

<sup>2</sup> tCO<sub>2</sub>e: Es sinónimo de "toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente" (similar kgCO<sub>2</sub>e significa "kilo de equivalente de CO<sub>2</sub>"). Es una medida para describir la cantidad de calentamiento global un determinado tipo y la cantidad de gases de efecto invernadero podría causar, con la cantidad equivalente funcional o la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como referencia. Por ejemplo, el metano es un gas de efecto invernadero que tiene un mayor efecto sobre el cambio climático que el CO<sub>2</sub>. Para poder compararlo con el efecto del CO<sub>2</sub>, se convierte en CO<sub>2</sub> equivalente. De esta manera, se puede decir que 1 tonelada de metano tiene el mismo efecto sobre el cambio climático como 25t de CO<sub>2</sub>.

Tabla 1

**Potencial de generación de metano en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente/año.**

POTENCIAL DE GENERACIÓN DE METANO TCO <sub>2</sub> e/año	
PROVINCIA	TAMBOS ENCUESTADOS 2008
BUENOS AIRES	26.900
SANTA FE	5800
CORDOBA	5500
ENTRE RIOS	1800
LA PAMPA	4300

**Nota:** Fuente: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculados a la producción porcina, avícola y bovina (feedlots y tambos). Estudio de Performance Ambiental desarrollado para el FAC. Bahía Blanca, Buenos Aires, 2008.

Debido al bajo nivel de respuesta obtenido por el sistema de encuestas se utilizaron los reportes de fuentes oficiales para realizar una estimación del potencial de mitigación de los sectores más cercano a la realidad que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2

**Potencial de mitigación de emisiones de metano por manejo del estiércol (tCO<sub>2</sub>e/año)**

PROVINCIA	Factor de emisión tCO <sub>2</sub> e/1000 animales			
	1433,0	51,4	330,0	0,4
	Tambos(1)	Feed lot(2)	Porcinos (3)	Aves(4)
BUENOS AIRES	1290000	4761	615000	60663
SANTA FE	1787000	128	83000	6517
CORDOBA	1493000	1284	239000	6359
ENTRE RIOS	248900	616	12900	68342
LA PAMPA	87400		3500	

**Nota:** Fuente: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. Buenos Aires, 2008. Datos según: (1)CAEHV;(2) CNA 2002; (3)SIG AGROPECUARIO 2006;SAGPyA 2008

Según el Estudio de Performance Ambiental (UNICEN, 2008) se observa que existe un marco regulatorio en las provincias encuestadas sobre el vertido de los efluentes a curso de agua y suelo; y considera conveniente la revisión de los mecanismos de control y la capacidad los Municipios y Autoridad de Aplicación designada que son los que deberían habilitar la radicación y control de funcionamiento de los establecimientos.

Por otro reporta información del sector Tambos, respecto de las cuencas lecheras cordobesa, santafesina y bonaerense que emiten concentraciones en niveles superiores al millón de tCO<sub>2</sub>e anuales, con un factos de emisión anual por cada 1000 animales de 1.433 tCO<sub>2</sub>e.

Tabla 3

### Generación de efluentes discriminado por Cuencas de acuerdo a la cantidad de animales por tambo

PROVINCIA	CUENCAS	TAMBOS	ANIMALES /TAMBO	EFLUENTE POR TAMBO	EFLUENTE POR CUENCA	EFLUENTE POR PROVINCIA
				ton/día	ton/día	ton/día
CORDOBA	VILLA MARIA	1239	344	17	21300	54000
	NE	825	343	17	14147	
	S	877	320	16	14027	
	CENTRO	399	227	11	4526	
SANTA FE	CENTRO	3623	254	13	46032	52012
	S	369	324	16	5980	
BUENOS AIRES	<b>OESTE</b>	<b>855</b>	<b>423</b>	<b>21</b>	<b>18065</b>	35622
	ABASTO S	660	250	13	8256	
	ABASTO N	425	259	13	5495	
	MAR DE LAS SIERRAS	249	306	15	3806	
ENTRE RIOS	CUENCA A	1328	80	4	5291	7653
	CUENCA B	348	136	7	2362	
LA PAMPA	LA PAMPA	412	148	7	3049	3049

**Nota:** Fuente: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. Buenos Aires, 2008.

En orden de emisiones por sector, el tambero es el que tiene mayores niveles de emisiones, seguido por el porcino, avícola y feedlot, quedando evidenciado de esta manera el potencial de mitigación de los sectores apelando a proyectos individuales por establecimiento o a actividades programáticas dentro del MDL<sup>3</sup>.

Según el Estudio de Performance Ambiental, las barreras identificadas para la implementación de tecnologías de tratamiento de los efluentes están básicamente vinculadas a:

- “...la falta de información sobre el acceso a las tecnologías de tratamiento”
- “la escasa o nula capacitación y actualización de los recursos humanos respecto al acceso e implementación de tecnologías de tratamiento diferentes a la práctica común”
- “la ausencia de controles sobre la descarga de efluentes sin tratamiento previo.....(p.11)”

.....Es importante destacar el conjunto de acciones y consideraciones que se han plasmado en un documento presentado en M2M (Methane to Markets) durante el año 2008 en Londres. En dicho documento se observa que las proyecciones sobre el crecimiento de las producciones de ganado son positivas, por lo cual en el futuro, aquellos establecimientos de mayor escala, incrementarán su volumen de producción, aumentando la concentración de animales y en consecuencia, la generación de efluentes. Destaca el documento que, si bien la producción de energía a partir de los residuos provenientes de los actuales sistemas agropecuarios serían de muy baja utilización en el contexto de la red energética nacional actual, potencialmente podrían desarrollarse para su uso dentro de los establecimientos de producción, de modo especial en aquellos que concentran una mayor actividad por unidad de superficie,

<sup>3</sup> MDL : Mecanismo para un Desarrollo Limpio es un acuerdo suscrito en el Protocolo de Kioto establecido en su artículo 12, que permite a los gobiernos de los países industrializados (también llamados países desarrollados o países del Anexo1 del Protocolo de Kioto) y a las empresas (personas naturales o jurídicas, entidades públicas o privadas) suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en el primer periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012, invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo (también denominados países no incluidos en el Anexo 1 del Protocolo de Kioto) como una alternativa para adquirir reducciones certificadas de emisiones (RCE) a menores costos que en sus mercados.

que por otra parte son los que mayor energía demandan a la red. La iniciativa de creación de la Asociación Metano para los Mercados Argentina (M2MARG) del sector agrícola y agroindustrial conformada por SAGPyA, SAgDS, SE, INTA, INTI, UNCPBA y UNL como miembros fundadores, persiguiendo a nivel nacional los mismos fines y con la misma estrategia que tiene la asociación a nivel internacional contribuirá a consolidar las acciones tendientes a lograr el aprovechamiento energético de los residuos del sector agrícola y agroindustrial, fortaleciendo la constitución de una red nacional que agrupe al sector público nacional y provincial junto a los demandantes y proveedores de tecnología.....(p.13) .....Se considera de fundamental importancia alcanzar una sinergia entre los diferentes actores, ya sean los responsables de implementar políticas que promuevan el uso energético de los residuos, como los interesados en desarrollar proyectos innovadores, juntamente con las instituciones de I+D, participando en conjunto en la mejora de las reglamentaciones necesarias para alcanzar un manejo sustentable de los diferentes sistemas de producción, difundiendo el conocimiento y avanzando hacia la provisión de tecnología y recursos locales.

Por último, sobre la base del diagnóstico realizado, reconocida la práctica común, identificadas las barreras, analizado el marco regulatorio y mostrada la tecnología, es indispensable, para generar una inflexión en la situación actual, establecer un compromiso incuestionable entre el productor y el medio ambiente, admitiendo que no hay forma sustentable de producción si se ignora hasta dónde tienen capacidad los ecosistemas para generar recursos y amortiguar los impactos generados por las actividades antropogénicas. Es fundamental instalar en la conciencia de los productores que los residuos son una parte del proceso productivo, y que sus costos de gestión deben necesariamente ser incluidos en la ecuación económica de la actividad, al margen de que el estado intervenga facilitando algunos aspectos como la incorporación de tecnología o la promoción del aprovechamiento energético (p.14).

### **1.3.3. Gestión de los efluentes**

#### **1.3.3.1. Generalidades**

El manejo de los efluentes requiere de la contención de los mismos en instalaciones específicas, las escorrentías (efluentes líquidos) se contienen en lagunas de sedimentación donde se procura separar físicamente las partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión más gruesas. El líquido puede ingresar posteriormente a lagunas de almacenamiento donde se continúa operando sobre sus características bioquímicas, estas lagunas deben cumplir con ciertas propiedades para asegurar el aislamiento hidráulico de su contenido con el suelo y los acuíferos subyacentes, por lo que resulta imprescindible monitorear la dinámica hidráulica en los contornos de estos depósitos de efluentes. Finalmente, los efluentes líquidos y sólidos deben ser reducidos, el reciclado como fertilizante es la opción más común, pero para su correcta aplicación debe conocerse el perfil de nutrientes que ofrece y las características del sitio de destino, incluyendo a la capacidad extractiva del cultivo a realizar.

El manejo inadecuado puede exponer al enriquecimiento con sales y efectos de contaminación que se desea evitar. La variable límite de ecuación de aplicación no deberá ser el máximo rendimiento potencial del cultivo a implantar sino la capacidad del sistema biológico y edáfico para procesar el fertilizante agregado sin riesgo de polución de ningún

tipo, con especial cuidado hacia la lixiviación de nitratos en profundidad y la acumulación de metales pesados en los horizontes superficiales del suelo.

### 1.3.3.2. Concepto de lagunas de acuerdo a la actividad biológica

Las lagunas están clasificadas respecto al tipo de actividad biológica que es llevada a cabo en ella. Cabe destacar que cualquier tipo de laguna debe cumplir con las condiciones de impermeabilización para evitar futuras infiltraciones y contaminación al suelo. De esta forma se puede distinguir cuatro tipos de lagunas: Anaeróbica, Facultativa, de Maduración (o aireadas naturalmente) y aeróbicas (o aireadas mecánicamente).

- **Lagunas anaeróbicas:** se encuentran generalmente al principio de un sistema de tratamiento. Comúnmente son diseñadas de entre 2.5 y 5 m de profundidad y para recibir una carga orgánica elevada (generalmente  $> 100$  g DBO/m<sup>3</sup> d, equivalentes a  $> 3000$  kg/ha d para una profundidad de 3 m). Funcionan como tanques sépticos abiertos, siendo su función primaria la remoción de carga orgánica (típicamente expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)). Esta remoción es realizada en una acción combinada de sedimentación y degradación biológica del efluente por medio de bacterias, en ausencia de oxígeno.

En las lagunas anaeróbicas ocurren naturalmente una serie de procesos. La materia orgánica factible de sedimentar, ocupará el fondo de la laguna donde se acumula y lentamente es digerida anaeróticamente

La materia orgánica presente en la fracción soluble es degradada anaeróticamente. Estos procesos de degradación anaeróbica generan gases fundamentalmente metano y anhídrido carbónico-, que al desprenderse, se observan en la superficie de la laguna como un burbujeo.

Los compuestos nitrogenados producen amonio en la digestión anaeróbica, el cual puede eliminarse en caso que se den las condiciones necesarias para la transformación en amoniaco.

- **Lagunas Facultativas:** Pueden ser fundamentalmente de dos tipos: lagunas facultativas primarias y secundarias. Las primeras reciben aguas residuales crudas mientras que las segundas reciben las aguas residuales sedimentadas (generalmente el efluente de las lagunas anaeróbicas). Estas lagunas están construidas en grandes áreas superficiales, con pequeñas alturas (1 a 2 m) y períodos de retención de 15 a 35 días. Son diseñadas para la remoción de DBO en base a una carga superficial relativamente baja (100-400 KgBOD/ha.d a temperaturas entre 20 °C y 25 °C) para permitir el desarrollo de una población algal sana. La remoción de DBO es producido por la fotosíntesis de algas y bacterias (sobre todo las primeras).

En las lagunas facultativas la capa de agua cerca de la superficie tiene oxígeno disuelto debido a la aeración del atmosférico y al producto de la respiración de las algas, una condición que permite la existencia de organismos aerobios y facultativos.

En la capa inferior de la laguna el oxígeno presente es prácticamente nulo, lo que permite el desarrollo de organismos anaeróbicos.

La presencia de algas es esencial para el funcionamiento de las lagunas facultativas.

En presencia de luz de sol, las algas utilizan el CO<sub>2</sub> del agua produciendo oxígeno por fotosíntesis el que es usado por las bacterias facultativas para la degradación del efluente. Las lagunas facultativas permiten, a priori, la remoción de patógenos y nutrientes. Los mecanismos principales para la remoción de patógenos incluyen el tiempo y la temperatura de estadía en las lagunas en condiciones de pH elevadas y en presencia de luz solar.

La remoción de nitrógeno en estos sistemas, ocurre fundamentalmente por la formación de amonio y volatilización de este como amoniaco y por la formación de biomasa. Hay

que considerar que es ta biomasa formada, aumentará la concentración de sólidos suspendidos volátiles del sistema y si bien los compuestos nitrogenados estarán en una forma más biodegradable que los compuestos de partida, hay una 20% al menos de la biomasa algal que no es biodegradable, la que al morir sedimentara en el fondo de la laguna.

La remoción de fósforo en estos sistemas ocurre por sedimentación de P orgánico en la biomasa de algas muertas y del fósforo inorgánico por la formación de compuestos de baja solubilidad.

- **Laguna de maduración:** Estas lagunas reciben el efluente de lagunas facultativas y su tamaño y número depende de la calidad bacteriológica requerida en el efluente final.

Las lagunas de maduración son reservorios de poca profundidad, entre 1.00 y 1.50 m. Presentan menos estratificación vertical exhibiendo una buena oxigenación a través del día en todo su volumen.

La población de algas es mucho más diversa en estas lagunas de maduración comparada con las lagunas facultativas. Por ende, esta diversidad de algas incrementa de laguna en laguna a lo largo de la serie.

Los mecanismos principales para la remoción de patógenos, dependen de la actividad de algas en sinergia con la foto-oxidación. Por otra parte, las lagunas de maduración ofrecen una contribución a la remoción de nitrógeno y fósforo muy significativa. De hecho, la mayor parte del nitrógeno amoniacal se remueve en las lagunas de maduración.

- **Lagunas aeróbicas:** Las lagunas se airean mecánicamente para favorecer la transferencia de oxígeno. Permiten obtener efluentes de baja DBO soluble pero de alto contenido de algas, las que deberían ser cosechadas a fin de controlar los cuerpos receptores. La profundidad debe ser tal que no se alcancen a producir regiones sin oxígeno, sobre todo teniendo presente que la turbiedad impide el paso de la luz solar; se suelen encontrar profundidades de 30 a 45 centímetros y tiempos de retención hidráulicos teóricos (es decir, volumen de la laguna dividido por caudal medio tratado) de 10 a 40 días de modo que el terreno requerido para esta tecnología puede ser intolerablemente grande. La tasa de carga de este tipo de lagunas cae en el rango de 85 a 170 Kg. de DBO<sub>5</sub> por hectárea y por día.

### 1.3.3.3. Sistemas de manejo de efluentes de tambo a nivel internacional

Respecto al uso de sistemas de lagunas para el tratamiento de las aguas residuales de tambos, Gutiérrez y Cabrera, mencionan esencialmente dos tipos de sistemas a nivel internacional, en relación a condiciones dominantes de producción y evolución de reglamentaciones, siendo los desarrollos de estos sistemas, de base fundamentalmente empírica.

- **Lagunas de almacenamiento, con descarga por aplicación al terreno.**

Estos métodos se emplean fundamentalmente en Europa occidental y USA., donde la alimentación no se corresponde con la de Argentina (pastoril) y su producción es de base intensiva. Se tiene en consideración para estos sistemas el efluente generado del ganado estabulado, por lo tanto se al material de los corrales se le suma el de las camas de los animales.

Se realiza separación primaria por sedimentación de los sólidos gruesos (arena, piedras y partículas orgánicas rápidamente sedimentables); consecutivamente pasa a una sistema de sedimentación donde se realiza una separación previa de sólidos, los cuales van a un proceso de compostaje para se re-utilizado en camas para los animales o retirados del

predio. La fracción soluble es canalizada a un sistema de lagunas en serie donde luego de un tiempo de residencia superior a 180 días es utilizada para riego. La ASAE (American Society of Agricultural Engineers) tiene realizadas varias publicaciones donde están normalizados los diseños para lagunas de almacenamiento sin separación previa de sólidos. Estas lagunas están dimensionadas para almacenar el efluente y para la aplicación del efluente tratado al terreno como fuente de nutrientes. Propone a su vez la posibilidad, mediante permisos especiales, de verter el efluente de la laguna a curso de agua durante los periodos de inundaciones o en eventos climáticos.

La profundidad sugerida para las lagunas es de un mínimo de 2.0m, dependiendo el máximo de las características del suelo, ya que es esencial no efectuar ningún trabajo que pueda provocar a infiltraciones en el terreno.

- **Lagunas de tratamiento**

Son sistemas de lagunas, que fueron muy utilizados en Australia y Nueva Zelanda, constituyéndose en el procedimiento convencional durante los años 70 y 90, básicamente por la necesidad de reuso del agua en Australia. El tratamiento tiene como finalidad producir agua residual que es más fácil de reusar mediante la reducción de olores y de la concentración de sólidos y patógenos.

En Nueva Zelanda, se utilizó en los años 70' un tratamiento con un sistema de doble laguna (una laguna anaeróbica en serie con una laguna facultativa, que tienen probada efectividad en la reducción de la contaminación potencial de las aguas residuales, pero tiene un trabajo incorrecto en la remoción de nutrientes.

Los diseños de estos sistemas se basan en la carga orgánica de entrada.

En la entrada de la laguna se utiliza un desarenador donde la fracción gruesa de arena y piedras queda retenida.

“Este tipo de sistemas fueron construidos con bases empíricas de dimensionamiento, las que en primera instancia no revelaron las limitaciones en la remoción de nutrientes, patógenos y posteriormente sólidos volátiles que estos presentan. Las limitaciones aparecieron cuando ya había miles de sistemas en operación. Por este motivo, se han buscado alternativas para mejorar la performance de estos sistemas, a partir de lo ya construido (Gutiérrez y Cabrera)”.

Lineamientos regionales que alientan al almacenamiento y reuso son las políticas que prevalecen y las recomendaciones de los distintos países (Nueva Zelanda, Estados Unidos) para el diseño de sistemas de tratamiento de los efluentes de tambos han sido desarrolladas de acuerdo a las necesidades y características específicas de las regiones donde fueron creadas.

“El desarrollo ha sido fundamentalmente empírico, basado en datos de los establecimientos rurales de las regiones donde se diseñaron y con la forma de manejo del establecimiento, condiciones climáticas y geológicas propias de las regiones de diseño. Este tipo de desarrollo, relativamente adecuado para la utilización en la región de trabajo es por su forma de realización imposible de trasladar a otras regiones, como nuestro país, donde la forma de explotación del establecimiento así como de alimentación, época de parición, etc. del rodeo y características del suelo y clima son distintas (Gutiérrez y Cabrera)”.

Uruguay ha desarrollado una línea de investigación en lechería con especial énfasis en selección de uso de efluentes, sistemas para tratamiento y criterios prácticos relacionados a ellos. En particular se estudió el efecto sobre una rotación forrajera intensiva, de la aplicación de estiércol con y sin riego, con y sin urea, a lo largo de un periodo de 5 años. Utilizan sistemas de doble laguna que constan básicamente de una trampa de arena, una primera laguna anaeróbica seguida de una segunda laguna facultativa.

#### **1.3.3.4. Sistemas de manejo de efluentes de tambo a nivel nacional**

Informes categóricos de instituciones internacionales y nacionales como U.N., F.A.O., O.M.S., INTA; exigen un urgente cambio de actitud para producir mejorando la calidad de vida de las personas, no deteriorando el ambiente, generando condiciones de salud y bienestar animal y garantizando la calidad e inocuidad de los alimentos desde su origen al mismo tiempo que se intensificarán las presiones por el cumplimiento de normativas internacionales y de exigencias comerciales en materia ambiental en los próximos años.

En el caso específico del tambo debemos considerar que: el 30 % de producción de leche se pierde en verano por incidencia de moscas e insectos. Estos insectos utilizan como caldo de cultivo el estiércol. Se ha calculado que cada kilo de bosta, servirá a más de mil insectos adultos; la Pampa Húmeda ha de su suelo a un promedio de 12 Tn/Ha anuales, por acumulación y formación de lagunas estercoleras; invalorable efectos negativos de impacto ambiental producidos por la contaminación de napas y medio ambiente, con la reducción de áreas de cultivo ocupadas por lagunas estercoleras, zanjones, etc. (Martinez, G., 1996).

Un estudio reciente mostro que entre 26 y 66% de las muestras de agua de las perforaciones tomadas de 409 tambos de la región pampeana, no resultó apta para consumo humano, y presentaron valores medios de nitrato superior a 45ppm. (Herrero y Gil, 2008).

Otro estudio muestra que el 70 % de las perforaciones de tambos presentaron diversas contaminaciones de origen microbiano (Herrero y Gil, 2008).

Según Vieytes, A., en los sistemas pastoriles, cada vaca en ordeño genera entre 14 y 24 litros de efluentes por día, sin considerar el agua utilizada por la placa de refrescado y el agua de lluvia, y contienen aproximadamente 350 gramos de materia seca. Situación que puede ejemplificarse con un tambo de 200 vacas estaría generando entre 1.000 a 1.700 m<sup>3</sup> de efluentes al año.

A su vez los procesos de intensificación y concentración buscan lograr mayor productividad y beneficio económico, desencadenando una serie de externalidades negativas que repercuten sobre la sustentabilidad de las producciones y del sistema en su conjunto (Taverna et al, 1999, Vieytes, A., 2011).

En Argentina no ha habido un desarrollo muy significativo en cuanto a innovación en los sistemas de transformación del efluente. Se han aplicado fundamentalmente los desarrollos de lagunas realizados en otras partes del mundo, con algunas variantes de los mismos.

Con este fin el INTA, presenta un Manual de Manejo de Residuos donde evalúa las fuentes de agua y los posibles métodos para reducir el consumo. Plantea opciones de tratamiento y almacenamiento con y sin separación previa de sólidos. En relación a las opciones de tratamiento, plantea dimensiones para un sistema de 3 lagunas en serie.

Por otra parte es importante destacar que en la generalidad de los tambos del territorio nacional, se extiende la práctica del sistema de lagunas de almacenamiento sin "impermeabilización" con el potencial riesgo de filtración a las napas de sustancias contaminantes.

Según manifiestan estudios realizado en las Cuencas de la Provincia de Buenos Aires, el agua subterránea puede presentar alto contenido en nitratos como de bacterias provenientes de contaminación, especialmente si los acuíferos no son profundos. Algunas

de las causas determinadas es limpieza de los tambos, lagunas presentes en áreas donde se concentran animales, exceso de fertilizaciones nitrogenadas a cultivos y praderas (Herrero, Sardi, Orlando, Maldonado, Carbo, Flores y Ormazabal, 1997).

En cuanto a la disposición final de los efluentes, actualmente se observa una marcada tendencia al vuelco o riego, mediante “estercoleros” que bombean el efluente al suelo, tanto desde sistema de lagunas en serie como de las lagunas de almacenamiento (UNICEN, Facultad de Ingeniería, 2008), con el desconocimiento tanto de la carga orgánica y patógena que esparcen como de las características y requerimientos edáficos específicos para cada región.

### **1.3.3.5. Otros sistemas de Pre y Post-Tratamiento: Lombricomposto-Vermicompostaje y Wetlands.**

- Lombricomposto: esta es una de las alternativas conservacionistas que últimamente está surgiendo con mayor fuerza. Este proceso tiene dos partes bien definidas. La primera es un compostaje, que es la mezcla de los desperdicios orgánicos con bacterias aeróbicas y anaeróbicas de una determinada manera para hacer que sufran un proceso de descomposición. La segunda es el Vermicompostaje, que es la transformación del Compost en Humus a partir de la actuación de las Lombrices. Hay que tener en cuenta que la acumulación de bosta crece a un ritmo mucho más acelerado que lo que tarda el proceso de transformación natural de los residuos en abono.

- Wetlands: Los sistemas de wetlands son sistemas de tratamiento terciario, ya que no pueden operar eficientemente con cargas orgánicas, sólidos sedimentables o nutrientes en alta concentración.

En el tratamiento de residuos de tambo, los wetlands son utilizados fundamentalmente en Nueva Zelanda, a continuación del sistema de dos lagunas, como complemento de la depuración que ocurre en éstas.

Los wetlands artificiales se pueden construir de distintos tamaños, atendiendo diferentes grados de tratamiento (Gutiérrez S. y Cabrera N., 2006).

### **1.3.3.6. Digestión anaeróbica como tecnología de transformación de los residuos**

La digestión anaeróbica es un proceso de descomposición biológica, donde la materia orgánica compleja (carbohidratos, proteínas, celulosa, almidón, grasas, etc.) produce biogás con un 40% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y un 60% de metano (CH<sub>4</sub>).

Utilizada antiguamente por asirios y persas para calentar sus baños. Si bien es una tecnología conocida, aún hoy su aplicación no está muy difundida y en nuestro país.

El incremento constante en el precio de los combustibles fósiles y la disponibilidad diaria de subproductos orgánicos a gran escala, se puede considerar que este tipo de transformación de la energía puede brindar soluciones específicas a las siguientes prioridades:

a - Reemplazo del gas de origen fósil.

b - Generación de energía eléctrica mediante la utilización del biogás.

c - Generación de fertilizantes de calidad.

d- Tratamiento de efluentes de los sistemas de producción.

Los biodigestores permiten la recirculación de energía y nutrientes dentro del sistema así como también la posibilidad de lograr mediante la transformación de los residuos orgánicos, de dos productos claves en un sistema productivo: **gas metano** y **biofertilizantes** (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, 2009; Crozza y Pagano, 2008).

Actualmente existen varios proyectos de I+D que utilizan la tecnología de digestión anaeróbica siendo financiados los mismos por subsidios nacionales e internacionales así

como se encuentran en desarrollo estudios de factibilidad técnico-económica de sistemas de lagunaje y digestores anaeróbicos para el tratamiento de residuos agropecuarios y sólidos urbanos para pequeñas comunidades con elevado potencial de réplica para la implementación de nuevos proyectos (UNICEN, Facultad de Ingeniería, 2008).

### ***Biogás a partir de residuos de tambo***

Según U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y Eastern Research Group, Inc. (2008) en el estudio desarrollado para el programa Methane to Markets manifiesta lo siguiente:

Como una unidad de proceso en el manejo del estiércol del ganado, la digestión anaeróbica puede proporcionar los siguientes beneficios:

1. Reducción de las emisiones de metano a la atmósfera (el metano es un gas de efecto invernadero con una capacidad de aproximadamente 21 veces a la capacidad de calentamiento global de dióxido de carbono).
2. Reducción de las emisiones de olores nocivos-olores nocivos asociados con el estiércol del ganado como resultado de la acumulación de productos de una descomposición anaeróbica incompleta.
3. Reducción del potencial de contaminación del agua- el oxígeno demandado por los compuestos orgánicos es removido por la reducción de metano y dióxido de carbono y la densidad de microorganismos patógenos entéricos son reducidos sin o con insignificante aporte de energía.
4. Producción de energía renovable (la mezcla de metano y de dióxido de carbono capturada, conocida como biogás, puede ser utilizada como combustible para producir energía mecánica para fines tales como la generación de electricidad y para la cocina, iluminación, agua y calefacción).
5. Ingresos para compensar los costos (los ingresos se pueden materializar a través de la venta de bonos de carbono y el uso de biogás para generar electricidad, en lugar de un combustible fósil, para al menos compensar los costos o, idealmente, proporcionar un aumento en los ingresos netos).

Así como también la utilización de biodigestores para los efluentes de tambos permite:

- Reducir la masa de sólidos generados
- Producir un efluente estabilizado para reutilizar o irrigar
- Concentrar los nutrientes en un producto sólido para aplicar a terreno o exportar del predio.
- Reducir patógenos.

El uso más frecuente de estos sistemas ocurre en los Estados Unidos, existiendo una gama bastante amplia de biodigestores. Los mismos pueden ser clasificados como de baja tasa de producción de gas (lagunas anaeróbicas tapadas, reactores agitados y flujo pistón) o de alta tasa de producción de gas (reactores de contacto).

La alimentación que reciben estos sistemas consiste en la recolección de la excreta de los animales durante todo el día, más el material de las camas de estos (generalmente cascaras de arroz, chips de madera, paja o una mezcla de estos con el sólido seco, una vez retirado del digestor).

Los refinamientos técnicos que se deben realizar por ejemplo a las lagunas anaeróbicas para realzar la producción de la digestión y del gas, requieren de mecanismos para el mezclado y calefacción del sistema.

Las ventajas frente a una laguna anaeróbica convencional son una producción más eficiente de biogás y de una acumulación más lenta de los sólidos del lodo. La eficacia de

las lagunas para la producción del metano está en la orden del metano  $0.02\text{m}^3/\text{m}^3$  de laguna.

El US Department of Energy, encargó una evaluación de biodigestores (US Department of Energy, 2002), del mismo modo, el National Renewable Energy Laboratory llevó a cabo otro relevamiento de operación de biodigestores en USA (NREL, 1998).

Tabla 4.

**Características de distintos sistemas con producción de biogás, utilizados en tambos en los Estados Unidos.**

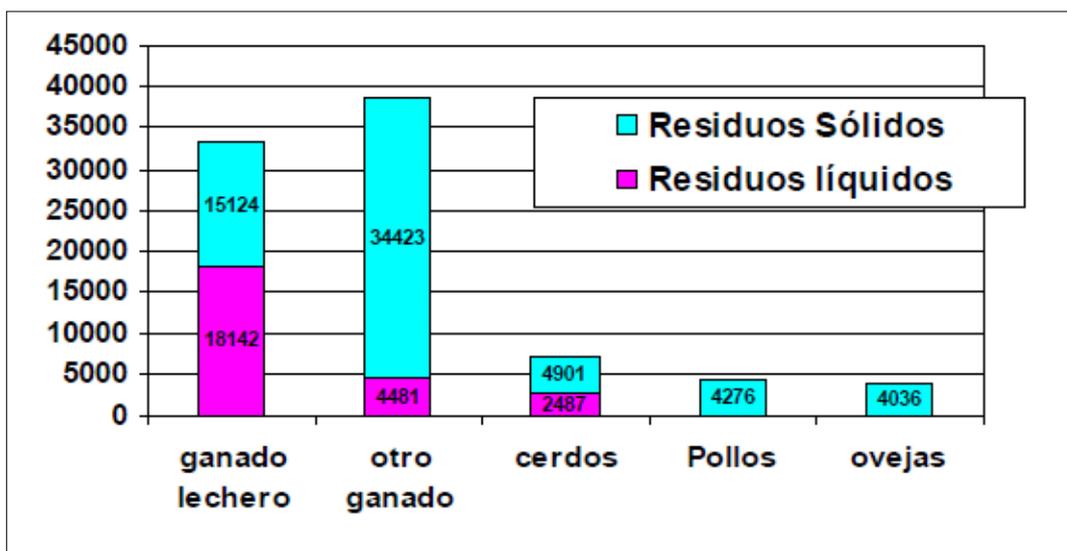
TIPO DE DIGESTOR	N° vacas	Método limpieza	Alimentación Digestor (m3 fluente) (%sólidos)	Prod. Biogás	Uso biogás	Uso de sólidos	Costo(USD)	Días
2 Flujo Pistón en paralelo	3500-4000	Raspado	435(10%)	500 KWd	Calentamiento reactor, agua caliente, secado de los sólidos luego de removidos del reactor			20
2 Flujo Pistón en paralelo	2000	Raspado	151(13%)	280 KWd	Generación energía a la granja calentamiento digestor		1.500.000	20
Flujo Pistón con loop mezclado	420	Raspado	15	desconocida		Camas de animales	140.000	20
Flujo Pistón	170	Raspado	26	44 KWd	Calentamiento reactor, quemado	A compostaje	200.000	14
Flujo Pistón	700	Raspado	75(8%-13%)		Calentamiento reactor, agua caliente	Aplicación a terreno, camas de animales	400.000	14
Laguna cubierta	1100	Raspado	104(camas animales(chips de madera)(6% sólidos)				70.000	6-7 meses

**Nota.** Fuente: US Department of Energy, 2002.

**1.3.3.7. Experiencias internacionales en el uso de la digestión anaeróbica presentadas en la presentación del Programa Metane to Markets.**

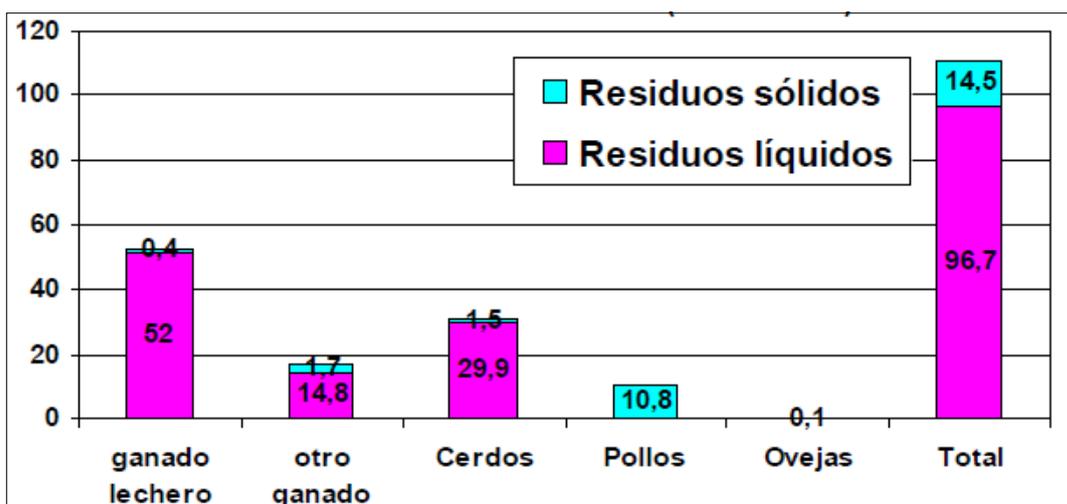
**Experiencia del Reino Unido**

Según Jeremy Eppel de Head of Sustainable Agriculture Strategy Division, el manejo de los residuos sólidos y líquidos en la producción animal se clasifica en función de los distintos sistemas como se puede observar en el siguiente gráfico:



**Figura 7. Residuos Líquidos y Sólidos en el Reino Unido, según tipo de producción.**

Fuente: Eppel, J. Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.



**Figura 8. Emisiones de Metano según el manejo de los residuos en el Reino Unido (ktCH<sub>4</sub>/año).**

Fuente: Eppel, J. Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

Menos del 40% de los líquidos son tratados por sistemas purificadores. Los residuos líquidos y sólidos contabilizan el 74% de las emisiones de metano.

Se considera como prioridad el tratamiento de líquidos como recurso para disminuir las emisiones de metano, por ello que desde el año 1970 se encuentran construyendo plantas de procesamiento de los mismos; las acciones desarrolladas y los proyectos a realizar se resumen a continuación.

**Tabla 5.**

Digestores anaeróbicos construidos en el Reino Unido.

<b>DIGESTORES ANAEROBICOS EN EL REINO UNIDO</b>	
<b>Construidos entre 1975 y 1990</b>	15
<b>Construidos desde 2002/3</b>	
Sólo para residuos agrícolas	7
Sólo para residuos agrícolas y alimenticios	9
<b>Plantas en construcción</b>	
Sólo para residuos agrícolas	25
Sólo para residuos agrícolas y alimenticios	36
<b>Otras plantas de digestión anaeróbica</b>	
para el tratamiento de aguas residuales	1000
Para el tratamiento de aguas residuales + CHP	13
<b>TOTAL</b>	<b>1105</b>

**Nota.** Fuente: Adaptado de Eppel, J. Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

El Gobierno del Reino Unido otorgó medios de financiamiento para la construcción de plantas de tratamiento (años 70 y 80), incrementando el interés de los productores agropecuarios y agroindustriales que generó el aumento de plantas de tratamiento.

Este sector destaca como principal beneficio la recuperación del agua para su proceso.

Los tres ejemplos que se muestran a continuación son los digestores construidos en Holsworthy, Bedford y Escocia.

La planta de Holsworthy procesa un total de 95 k t de residuos por año (el 50% son líquidos), generando 2.7 MW de energía. La inversión realizada fue de 7.800.000 libras.

A la planta de Bedford llegan 42 kt de residuos anuales y se generan 1.2 MW de energía.

Por último, la planta instalada en Escocia es más pequeña, ya que sólo se produce el tratamiento de 0.5 a 5 Kt de residuos por año, generando muy poca energía. Esta planta fue diseñada para investigar la destrucción de patógenos y como piloto para otros proyectos.



**Figura 9. Digestores utilizados en el Reino Unido**

Fuente: Adaptado de Eppel, J. Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

### Experiencia en Canadá

La digestión anaeróbica en Canadá según Carlos Monreal de Agriculture and Agri-Food Canada comenzó su desarrollo desde los años setenta a mediados de los ochenta, con la búsqueda de fuentes de información, la investigación y desarrollo de la microbiología y química del proceso en experiencias de laboratorio y planta piloto, el soporte por parte del gobierno para este tipo de programas y el desarrollo y demostración de esta fuente de energía.

Los inconvenientes que ha presentado la digestión anaeróbica se encuentran vinculados con la mezcla inadecuada de las corrientes que ingresan al digestor, la corrosión de los componentes y problemáticas en el diseño de equipos. Para mejorar estos procesos, gobierno de Canadá se encuentra enfocado en crear programas de soporte en el área agrícola, ambiental y energética. Las actividades programadas en investigación y desarrollo son:

- Digestión de distintos tipos de residuos orgánicos domiciliarios:
- Producción y uso de energía a través de la digestión anaeróbica de efluentes cloacales.
- Digestión anaeróbica de efluentes provenientes de la producción de papel.
- Pruebas de aplicaciones del biogás en motores y turbinas.

Se presentan a continuación las distintas plantas pilotos existentes en Canadá

<p>Localidad: Alberta  Ganado: 36.000 cabezas en feed lot  Estiércol procesado: 66 m3/d  Capacidad del digestor: 1800 m3 x2  Producción de biogás: 4,356 m3/d  Energía producida: 760 kWe, 974 kWt  Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: 6.3 kt CO<sub>2</sub>e/yr</p> <p><u>Comentarios</u>  La planta produce biogás a través de bacterias termofílicas (55°C). La energía producida es exportada. También se generan fertilizantes. El agua utilizada se recircula en el sistema.</p>	
<p>Localidad: Saskatchewan  Cerdos: 35,000 faenas/año  Abono procesado: 103 m3/d  Capacidad del digestor: 2000 m3 x1  Biogás producido: 1,640 m3/d  Energía: 120 kWe, 630 kWt  Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: 2.6 kt CO<sub>2</sub>e/yr</p> <p><u>Comentarios</u>  La planta produce biogás a través de bacterias mesofílicas. Utiliza la energía generada.</p>	

**Figura 10. Plantas de digestión anaeróbica en Canadá.**

Fuente: Montreal C., Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

“Las oportunidades futuras se concentran en utilizar la mezcla de corrientes de desechos para la *producción de biogás*, producir otros biocombustibles (hidrógeno y metanol), mejorar el valor de fertilizante obtenido, integrar con otra tecnología de obtención de energías renovables u otro tipo de producción; y realizar un análisis socio – económico del ciclo de vida (Montreal, C. 2007)”.

### La experiencia en Estados Unidos

El representante de USA Ag Subcommittee, Kurt Roos señala algunas características del estado actual del manejo de residuos en los Estados Unidos es el siguiente:

- Regulado bajo la Ley de Agua Limpia, que evita las descargas de efluentes contaminados a cuerpos de agua superficial.
- Los sistemas convencionales de tratamiento son:  
Almacenamiento de estiércol (tanques, pilas, etc)  
Tratamiento combinado (lagunas).

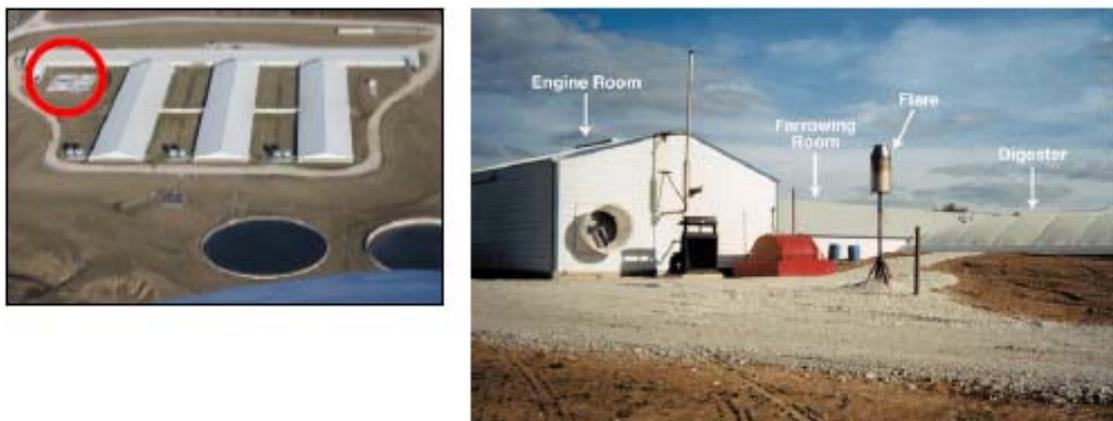
• Para grandes granjas se producen aplicaciones del plan de manejo de nutrientes  
El interés de los industriales se encuentra en los sistemas de digestión anaeróbica sobre la base de tres lineamientos de ofertas: *Calidad de aire, Calidad de Agua y Retorno de la inversión*. El primer punto se encuentra directamente relacionado con el control de olores y la reducción de gases de efecto invernadero. El segundo con la estabilización de las cargas orgánicas y la eliminación de patógenos y el tercer punto con el mercado de carbono y las energías renovables.

El país cuenta con unidades construidas. En la siguiente imagen se muestra una configuración típica de un digestor establecido en el ámbito rural.

TIPOS DE DIGESTORES EN U.S.A.	
EN GRANJA	Es el tipo de proyecto que predomina en granjas de Estados Unidos. Algunos casos se utiliza la codigestión con residuos de quesería, fábrica de helados y aceiteras.
CENTRALIZADOS	Operados por un ter cero. Los residuos son enviados al digestor, donde se produce energía y/o calor. Pueden incluir la co-digestión de otro tipo de residuos
DIGESTORES SIN FUENTE DE CALOR	Lagunas anaeróbicas cubiertas donde se produce biogás
DIGESTORES CON FUENTE DE CALOR	Digestores mesofílicos

### Figura 11. Tipo de digestores en Estado Unidos.

Fuente: USA Ag Subcommittee, Ross K., Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.



### Figura 12. Plantas de digestión anaeróbica en Estado Unidos.

Fuente: USA Ag Subcommittee, Ross K., Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

Las experiencias que utilizan el biogás como fuente generadora de energía (en motores que van desde 40 a 250 KWh), calor (en calderas para la calefacción de agua) y llamas ya se han iniciado en el país.

La perspectiva esperada para la digestión anaeróbica es que permita reducir las emisiones de metano a través de la ejecución de proyectos de digestión anaeróbica.

- Se estima un total de 275 millones de KWh de energía generada con el funcionamiento de la capacidad máxima.
- Actualmente 135 proyectos en existencia en funcionamiento o en su puesta en marcha,
- Otros 65 en construcción.
- Permite participar distintos organismos (**USDA, AgSTAR, California Climate Register, Green Pricing Programs, Water and Air Controls, etc**)
- Desarrollar un protocolo para cuantificar la reducción de las emisiones de carbono a la atmósfera en agrosistemas,

En el norte de California y en el Estado de IOWA tiene un potencial de reducción de 350.000 Ton de carbono de las emisiones a la atmósfera de las granjas de cerdos con

posibilidad de generación de 1.200.000 MW de energía anual con el manejo adecuado del estiércol en las granjas de vacas en California.

### Desarrollos y aplicaciones de la digestión anaeróbica en Uruguay

Mauricio Passegui de la Universidad de la República afirma que la situación de Uruguay respecto a la biodigestión anaeróbica presenta un fuerte potencial de aplicación en situaciones diversas, como en los mataderos de bovinos, la industria láctea y los tambos. Se presentan a continuación 5 casos de estudio, de proyectos desarrollados en Uruguay por la Universidad de la República:

	<p style="text-align: center;"><b>Caso 1</b></p> <p>Residuo: Efluente de Maltería            Empresa: Maltería Oriental S.A.            Solución: Reactor UASB            Caudal= 360m<sup>3</sup>/d            TRH = 16hs            DQO entrada = 2500 a 3300 mg/L            Carga= 4 a 5 kgDQO/m<sup>3</sup>/d            Eficiencia en DQO = 70%            Producción de Biogás= 300m<sup>3</sup>/d            (75%CH<sub>4</sub>)</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Caso 2</b></p> <p>Residuo: Efluentes de Industria Láctea            Empresa: COLEME            Solución: Reactores Anaerobios            Caudal= 100m<sup>3</sup>/d            TRH = 19hs            DQO entrada = 2000 a 3500mg/L (40% grasa)            Carga= 2 a 2,5 kgDQO/m<sup>3</sup>/d            Eficiencia en DQO = 85%            Producción de Biogás= 60m<sup>3</sup>/d            (80%CH<sub>4</sub>)</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Caso 3</b></p> <p>Residuo: Efluentes de Industria Láctea            Solución: Reactores Anaerobios            Estabilización del residuo:            40 a 60% de reducción de SV            (superior a la exigida por el proyecto de reglamentación sobre Residuos Sólidos Industriales)            Producción de biogás:            1.0m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de digestor y por día con            70% de CH<sub>4</sub></p>
<p style="text-align: center;"><b>Caso 4</b></p> <p>Residuos: Contenido ruminal y triperío de Matadero            Empresa: Olecar S.A.al servicio del Frigorífico PUL            Solución: Digestor Anaerobio            Faena: 700 bovinos por día            Digestión de contenido ruminal y tripería.            Volumen del digestor = 800m<sup>3</sup> en 4 módulos            Tiempo de Residencia = 30 días            Producción proyectada= 560m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/d            Reducción de sólidos volátiles=50%            Ubicación: Parque Industrial de Melo.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Caso 5</b></p> <p>Residuos de tambo.            Empresa: Leme S.A.            Solución: Digestor Anaerobio Tubular            Volumen del digestor = 225m<sup>3</sup>            Tiempo de Residencia = 50 días            Ubicación: Departamento de Florida            Diseño: Modelo brasileño adaptado a nuestro clima.            En etapa de instalación</p>

**Figura 13. Casos de estudio de digestión anaeróbica desarrollados en Uruguay.**

Fuente: Passegui M. de la Universidad de la República, Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

## Producción de biogás y bioabonos en Chile. Proyección basada en materias primas y temperaturas atmosféricas

Desde el año 1984, en el Departamento de Ingeniería y Suelos de la Universidad de Chile, se montó un laboratorio de Reciclaje de Residuos Orgánicos. María Teresa Varnero expone que se desarrollaron líneas de aplicaciones del Reciclaje y Biodegradación Microbiana, con tecnología de bajo costo energético orientada al aprovechamiento de residuos orgánicos agropecuarios y agroindustriales, utilizando bioprocesos. Estos permiten reciclarlos en forma eficiente, de modo de hacer un uso productivo de ellos, brindando un medio para estabilizar residuos y evitando problemas de contaminación.

Los procesos utilizados son de dos tipos: aerobios mediante **compostaje**, y los anaeróbicos, dentro de los cuales se destaca la **digestión anaeróbica**. De este proceso se obtiene biogás y bioabono, productos que se utilizan como generador de energía (el biogás) y como fertilizante (el bioabono), en distintas aplicaciones.

El diseño de digestores puede adoptar dos rumbos. Los continuos (aquellos en los cuales se producen cargas diarias) y discontinuos (se cargan una vez y luego se deja fermentar la materia orgánica). En este caso, el digestor estacionario es particularmente útil, porque permite acumular y procesar materiales con una alta concentración de sólidos totales, del orden del 50%.

El bioabono obtenido presentó porcentajes de nitrógeno total, fósforo y potasio y se ensayaron aplicaciones en sobre raíces de kivi en suelos con y sin bioabonos que se pueden observar en la Figura 13.



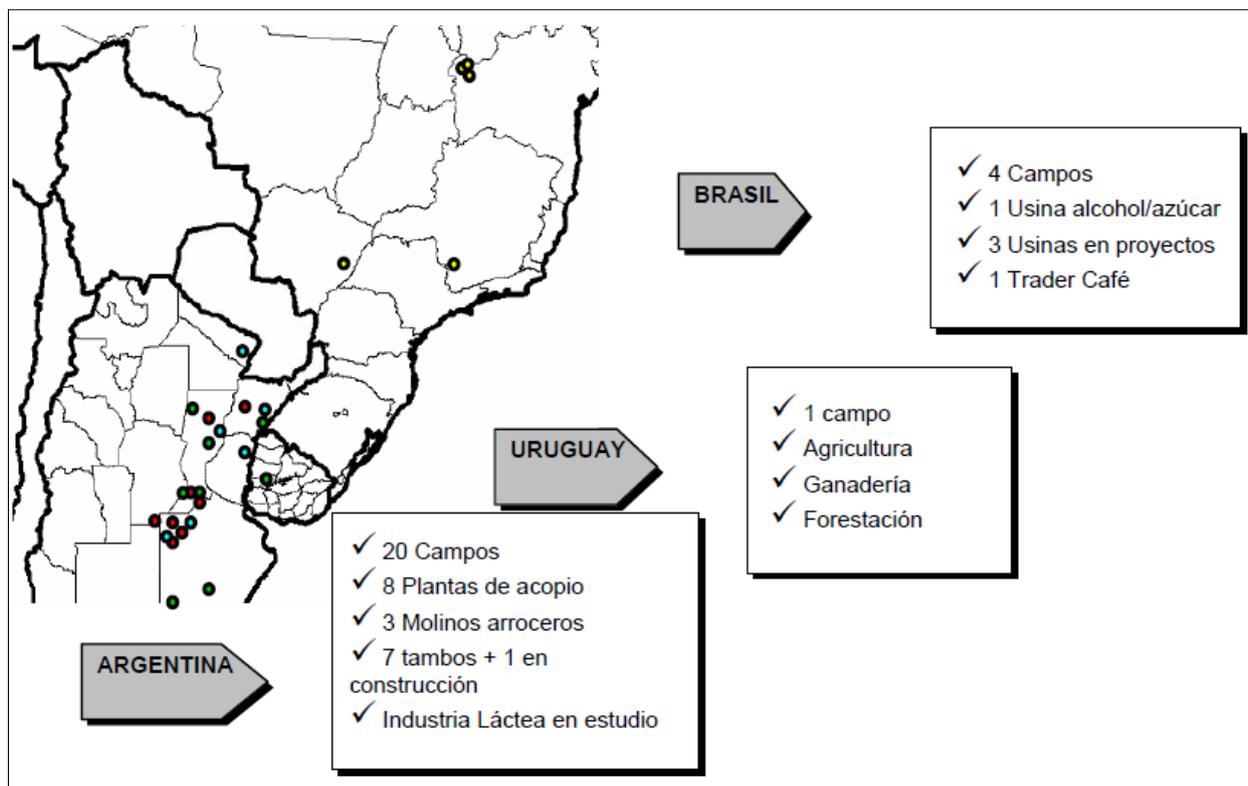
**Figura 14. Ensayos de aplicación de bioabono.**

Fuente: Varnero, M.T., Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

## Integración de la biodigestión en sistemas productivos

Alejandro López de la empresa Adecoagro presenta un modelo de integración de la digestión anaeróbica a los sistemas de producción. Las actividades primarias son agricultura, producción de leche cruda y en polvo, ganadería, azúcar y etanol, en 230.000

hectáreas de tierra propia (Argentina, Brasil y Uruguay). La misión de la firma es ser una empresa líder en el campo agroindustrial, constituyéndose en una alternativa de inversión atractiva, seria, líquida y confiable. El desarrollo territorial de la empresa se muestra en el siguiente gráfico:



**Figura 15. Desarrollo territorial de la empresa Adecoagro**

Fuente: Alejandro López, Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

Los productos a desarrollar por la empresa son: leche en polvo, quesos y etanol. La materia prima es grano de maíz, los cuales son destilados para la producción de etanol. El residuo de este proceso (DDGS) es utilizado para alimentar vacas lecheras, de las cuales se extrae la leche. El estiércol generado por las vacas alimenta a un digestor anaeróbico, el cual produce biogás que abastece al proceso productivo (planta láctea, usina de etanol y tambo estabulado). Los datos del digestor se presentan a continuación:

UNIDAD PRODUCTIVA	DATOS FÍSICOS	DESTINO	EMPLEO DIRECTO (Personas)	EMPLEO INDIRECTO (Personas)	INVERSIÓN (u\$s/un)	INVERSIÓN (u\$s Total)
<b>PLANTA BIOGAS-ELECT.</b>						
Producción estiércol diario	54,4 kg/vaca/día					
Procesado estiércol Total	1.396.795 Ton		70	368		20.000.000
1-Rinde Biogás	37 m3/Ton estiércol					
Producción Biogás Total	51.681.432 M3					
2-Rinde Electricidad	2,0 kWh/m3 Biogás	Uso propio - Mercado				
Producción Electricidad Total	103.362.864 kWh					
3-Rinde Bio-Fertilizante	0,2 Ton/Ton estiércol	Campo - Mercado				
Producción Total	279.359 Ton					
4-Rinde CO2	0,001 Ton/m3 Biogás					
Producción CO2 Total	39.278 Ton	Mercado (bebidas)				
5-Emisión CO2 evitada	0,0015 Ton/m3 Biogás					
Total emisión CO2 evitada	79.589 Ton	Bonos de Carbono				

**Figura 16. Datos del digestor anaeróbico utilizado por la empresa Adecoagro**

Fuente: Alejandro López, Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

Es importante destacar el modelo de tambo que utilizará la empresa. El mismo es un tambo estabulado, el cual abre una alternativa importante para la reutilización de residuos y efluentes, ya que las vacas se encuentran concentradas en un sector, donde se tiene un mayor seguimiento del animal y control de las variables productivas.

### Tratamiento de residuos en el campo aviar con tecnología Alemana

Marcos Daziano de la Universidad de Buenos Aires presentó la empresa KRUGGER como un sistema combinado de producción de granos hasta la producción de alimentos y energía.

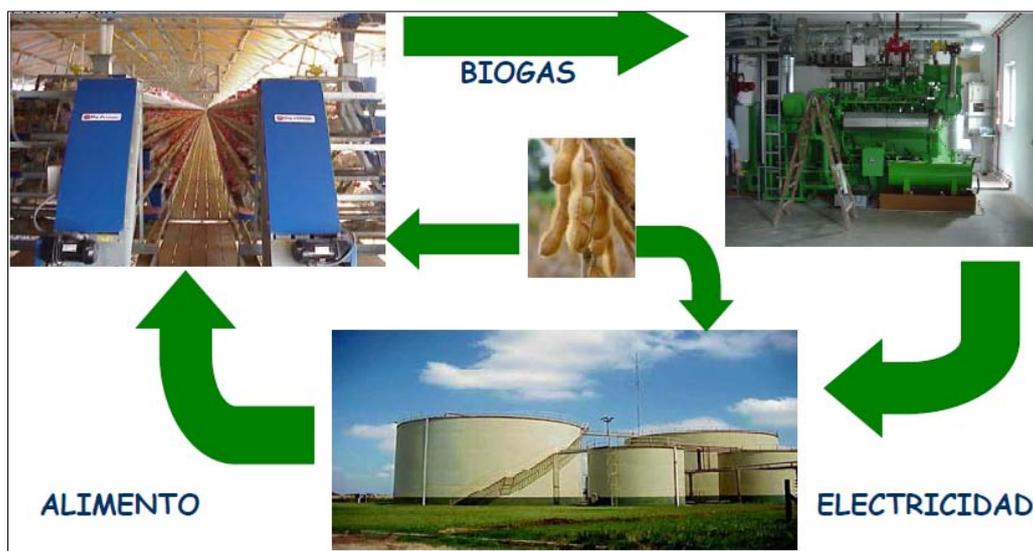
El servicio de producción de semillas abarca: secado, maquinaria de cosecha, tierras bajo riego, clasificación y flota de camiones. La producción en parte se exporta a EEUU y el resto alimenta a los distintos procesos de producción de la empresa.

La producción aviar se organiza en 10 galpones de 60.000 gallinas ponedoras cada uno generándose en la actualidad más de 500.000 huevos por día.

Un importante destino de los mismos es la generación de huevo líquido y huevo en polvo, que son comercializados al exterior.

El sector de aceite y refinería tiene una capacidad de molienda de 900 Tn/d, dependiendo del tipo de materia prima. Principalmente ingresan soja y girasol, los cuales se tratan con solventes para extraer aceite. La torta se utiliza para la generación de alimentos balanceados. También se producen aceites para uso industrial.

Con la biomasa disponible y con el excremento de gallina, se produce biogás. El destino del biogás disponible es la alimentación energética de la aceitera, alcanzando sólo el 50% del consumo total (23.000 KWh/d). El proceso de fermentación se realiza en 7 tanques de concreto, sobre el nivel del suelo. Cierra de esta forma un círculo virtuoso de producción agroindustrial.



**Figura 17. Círculo virtuoso de producción agroindustrial.**

Fuente: Alejandro López, Methane to markets. Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

### Experiencias nacionales en digestión anaeróbica en el campo agroindustrial

El Ingeniero Eduardo Gropelli de la Universidad Nacional del Litoral presenta su experiencia con la empresa láctea donde se realiza el tratamiento de los efluentes y residuos a través de lagunas cubiertas, con la posterior captación de biogás y uso para calefacción.

También trabaja con otra empresa que produce jugos concentrados y aceites esenciales con una generación de residuos orgánicos es de 2 7.000 Tn/año, que son tratados mediante proceso anaeróbico y con la posterior generación de biogás. Los datos de este proceso se resumen en las siguientes tablas:

**Tabla 6.**

Datos del proceso del digestor anaeróbico que transforma jugos concentrados y aceites esenciales.

DETALLE	CANTIDAD	UNIDADES
Cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos Anuales	27000000,00	kg ST/Año
Período de Operación Anual	242,00	Días/Año
Capacidad de procesamiento necesaria	111570,25	kg ST/Año
Concentración de sólidos totales	13,60	%ST
Concentración de sólidos volátiles	96,60	%SV /ST
Cantidad de sólidos volátiles	3547152,00	kg ST/Año
Capacidad necesaria de procesamiento	14657,65	kg ST/Año

**Nota.** Fuente: Adaptado de Ingeniero Eduardo Gropelli., Methane to markets. Desafíos y Estrategias a para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

**Tabla 7.**

Conversión de residuos orgánicos en biogás y composición porcentual del biogás

<b>CONVERSION DE RESIDUOS ORGANICOS EN BIOGAS COMBUSTIBLE</b>		
Conversión de materia orgánica en biogás	765	Lts/kgSV
Generación total de biogás	2713571,28	m3/Año
Generación específica de biogás	100,5	m3/Año
<b>COMPOSICION PORCENTUAL DEL BIOGAS-Seco</b>		
Metano(CH4)	48,17	%
Anhídrido carbónico (CO2)	51,83	%
Porcentaje total de componentes	100	%
Potencia calorífica de biogás seco	4479,81	Kcal/m3 Seco
Generación equivalente de metano PTN	1307127,29	m3/Año
Densidad del Metano PTN	0,71	kg/m3
Producción diaria de metano	5401,35	m3 CH4 /Día

Nota.

Fuente: Adaptado de Ingeniero Eduardo Gropelli, Methane to markets. Desafíos y Estrategias a para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

El biogás obtenido es enviado a un generador de vapor. Se llega a abastecer el 63.5% del total del consumo.

**Tabla 8.**

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

<b>REDUCCION DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO</b>		
Reducción potencial de CO2 al ambiente de residuos	1958	Ton CO2/Año
Emisión de CO2 por generación eléctrica	0,50	kg CO2/Día
Emisión diaria de CO2 por generación eléctrica	620,40	kg CO2/Día
Período de operación del Sistema	242	Días/Año
Emisión anual de CO2 por consumo de energía eléctrica	150,14	Ton CO2/Año
Reducción específica por uso de metano biológico	2,75	Ton CO2/Año CH4
Reducción anual de emisiones por combustión de metano biológico	2552,17	Ton CO2/Año
reducción potencial total neta de CO2 al ambiente	14360,17	Ton CO2/Año

Nota. Fuente: Adaptado Gropelli E., Methane to markets. Desafíos y Estrategias a para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas, 2007.

### Experiencia de IMyZA, INTA Castelar

El INTA Castelar fue pionero en la Argentina en trabajar en la temática de digestión anaeróbica para tratar residuos agropecuarios. A mediados de los 70, el grupo del Ing. Gil Espinosa inicia las primeras experiencias con reactores experimentales y el estudio de los parámetros de funcionamiento

Actualmente se encuentra en funcionamiento un reactor anaeróbico diseñado y construido en el predio del IMYZA con el fin de evaluar el proceso degradativo anaeróbico con FORSU (Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos).

El mismo es de desplazamiento horizontal, tipo flujo a pistón, construido en hormigón armado y ladrillos. Tiene una capacidad de  $14 \text{ m}^3$  y un volumen de trabajo real de  $12 \text{ m}^3$ .

El reactor es alimentado con desechos generados dentro del mismo predio del INTA con restos comida (20%) y de verdulería (80%).

Este Instituto cuenta también con un diseño de reactor para el tratamiento de efluentes de tambo que se encuentra en etapa de montaje final (Crespo et al, 2009).



**Figura 18. Digestor anaeróbico para la transformación de FORSU.**

Fuente: Crespo et al, III Congreso de Ingeniería Industrial en Misiones, INTA-FRTL, 2009.

#### 1.4. Conclusión

Mediante la información suministrada en esta Sección se presenta la problemática del productor tambero acerca del tratamiento de los efluentes que genera en su actividad productiva. Su interés principal es el saneamiento, para evitar la potencial contaminación que implica el sistema actual de tratamiento (laguna a cielo abierto sin impermeabilización) tanto hacia la salud humana, como animal y ambiental. También se destaca el interés económico, ya que la Familia Micheo posee una planta extractora de agua a kilómetros de la explotación tambera.

Sobre esta realidad se expresaron los antecedentes respecto a la situación actual del Sector Lácteo, la gestión de los residuos y sus impactos potenciales; el manejo actual y las diferentes formas de tratamiento de los mismos tanto a nivel nacional como internacional. Por otro lado se presentaron los estudios de emisiones de gases de efecto invernadero del sector y el potencial que éste representa.

Frente a este desafío se propone aplicar la tecnología de digestión anaeróbica como metodología de valorización de sus residuos, que le confiere un valor agregado consolidado a través de la generación de energía alternativa (biogás) y la generación de biofertilizante. Queda demostrado que esta tecnología no por poco conocida en Argentina

es menos efectiva, ya que en muchos países a tenido un desarrollo fundamental a la hora de aumentar la productividad, eficiencia y sustentabilidad de los procesos productivos sobre todo en e l sector agroindustrial, aportando recursos energéticos renovables y minimizando el impacto ambiental.

SECCION II  
ANALISIS ESTRATEGICO

---

## 2.1. Metodología

La planificación de la estrategia de desarrollo de la presente sección se realiza en base al concepto originalmente desarrollado por la Royal Dutch Shell, técnica que permite la construcción de alternativas futuras de negocio para analizar el impacto de varias fuerzas de cambio incontables sobre el campo de juego estratégico.

Pierre Wack fue el creador de los escenarios en la década del 70 para la Shell y popularizados por Peter Schwartz actual presidente de la consultoría Global Business Network. “La filosofía de Shell afirma que los escenarios se usan para integrar las incertidumbres sobre el futuro con las decisiones que debemos tomar ahora. Transversalmente el significado de la prospectiva invade el siguiente análisis con los conceptos de la diagnosis, el ¿qué está pasando?, la prognosis, el ¿qué podría pasar? y la visualización de un pronóstico, ¿qué vamos a hacer si pasa?, justificando como dice un experto mundial en la temática, que “los escenarios no son una realidad futura sino un medio de representación de esa realidad, destinada a iluminar la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables (Michel Godet, 1993)”.

Primeramente se plantearon los límites de esta planificación en un plazo de 10 años. Se consultó a especialistas y referentes de las distintas áreas que analizaron y brindaron sus valoraciones sobre los factores que intervienen en la selección de estrategias con incumbencias directas o indirectas sobre el tratamiento de efluentes de tambo mediante la aplicación de la tecnología de digestión anaeróbica. El aporte estuvo focalizado hacia las fuerzas determinantes del entorno, entre ellas las de carácter político, económico, social, ambiental/ecológico, cultural, tecnológico y demográfico/regional en sus dimensiones externas e internas, para establecer el impacto posible sobre el sistema propuesto en el proyecto.

Luego, mediante la inter-relación de distintas metodologías de análisis cualitativo FODA, matriz de impacto y acciones de las oportunidades y vulnerabilidades y matriz de impacto y ponderación de las variables del entorno, se realizará el entrecruzamiento de las variables determinantes para realizar el planteo de los escenarios posibles. Para la elaboración de dichos escenarios se generaron hipótesis específicas que permiten evaluar las variantes que determinan su implicancia en los futuros alternativos para las posturas y elecciones estratégicas, finalizando con la conclusión respectiva.

Se considerará para el desarrollo de esta metodología la información, además de lo ya expuesto en la Sección I del presente proyecto, el análisis de estrategias de crecimiento (Kotler, 1989), la revisión del Plan Estratégico de la Cadena Láctea Argentina (PEL) y la revisión de la situación energética de nuestro país, cuyos resúmenes se presentan a continuación:

## 2.2. Desarrollo de estrategias de crecimiento (Kotler, 1989)

Según Philip Kotler, una empresa para desarrollar estrategias de crecimiento, debe realizar un análisis que pase por tres niveles:

1° Identificar las oportunidades disponibles de la empresa dentro de su alcance actual de operaciones, es decir las oportunidades de crecimiento intensivo.

2° Identificar las oportunidades para integrar con otras partes del sistema de mercadotecnia de la empresa, son las oportunidades de crecimiento integrativo

3° Identificar las oportunidades que se encuentran fuera de la industria que sería las estrategias de crecimiento por diversificación

### 2.2.1. Crecimiento intensivo

De acuerdo a la matriz Ansoff de expansión del producto/mercado para identificar las oportunidades de crecimiento, la empresa Los Baguales SRL, podría sentar su base en el desarrollo de diversificación, una de las opciones más arriesgadas pero justamente la que le ofrece la digestión anaeróbica como alternativa de tratamiento.

Se produce la diversificación cuando se ofrecen nuevos servicios a nuevos mercados, es el caso que surgiría del tratamiento de los efluentes al ser transformados en biogás como 1<sup>er</sup> subproducto, permitiéndole generar energía eléctrica y venderla a la red eléctrica local o regional, y por otro lado obtendría el beneficio de la generación de biofertilizante, con el 2<sup>do</sup> subproducto, que le permitirá minimizar sus costos de fertilizante comercial y conferiría valor agregado a su tierra aportando nutriente de carácter orgánico.



**Figura 19. Matriz de Ansoff**

Fuente: Dr. Bonis, J., 2010.

### 2.2.2. Crecimiento integrativo

La empresa podría beneficiarse con la integración hacia adelante, dado que tendría mayor control de su proceso incorporando el desecho de su sistema productivo para generar y distribuir nuevos productos (energía eléctrica y biofertilizante).

### 2.2.3. Crecimiento por diversificación

La empresa transformaría su punto deficiente (generación de efluentes) mediante la diversificación conglomerada que surge de agregar nuevos productos que no tienen relación con la tecnología o productos actuales.

## 2.3. Plan estratégico de la Cadena Láctea

Las estrategias para el desarrollo sustentable que plantea el PEL 2008-2020 de basan en un enfoque sistémico apelando a la competitividad sostenida en el tiempo de las empresas que conforman la cadena agroalimentaria. Desde el año 2004 el Sector comenzó con la generación de espacios sociales para contribuir al desarrollo sectorial, concientes de la necesidad de la construcción de consenso sobre los objetivos de largo plazo para la cadena láctea mediante la conformación del Plan Estratégico Sectorial. En dicho plan se delinearon la visión y misión, objetivos que se presenta a continuación.

VISION: “Una lechería competitiva, en desarrollo permanente y con sustentabilidad económica, social y ambiental para abastecer a Argentina y el mundo.”

MISION:

“» Ser proveedores confiables, competitivos e innovadores de productos lácteos de calidad.

» Liberar y potenciar las condiciones productivas y ventajas comparativas contribuyendo al desarrollo integral de la cadena.

» Satisfacer de forma adecuada y permanente el mercado interno y alcanzar una alta participación en el externo.

» Consolidar un marco institucional adecuado que articule las estrategias sectoriales de crecimiento, competitividad, servicios, innovación y confiabilidad.

» Promover el reconocimiento de la sociedad por los aportes que la cadena realiza.”

Entre los objetivos que se plantearon se pretende establecer una lechería competitiva, posicionarse entre las 4 principales de Exportación en el mundo y aumentar su producción a 18.000 de litros de leche cruda por año; mantenerse en desarrollo permanente mediante la diversificación y agregado de valor a los productos argentinos, lograr una inversión Pública y Privada en Investigación, Desarrollo y Extensión del 3% del producto bruto del total de la cadena láctea Argentina.

Y, para abastecer a Argentina y el mundo, llegar a un 50% mercado interno y 50% mercado externo así como también generar un aumento del 10% del consumo per cápita

El comienzo del siglo veintiuno presenta un contexto económico y comercial favorable para la cadena láctea argentina, ya que la misma cuenta con determinadas características que tienen su base en la abundancia de recursos naturales del territorio Argentino, en la ciencia, que le permitiría aumentar la producción y su productividad y complementado por una estructura empresaria nacional en cada una de las etapas de la cadena. Queda demostrado que el sector tiene capacidad de respuesta mediante la incorporación de tecnologías adaptadas a las exigencias de la demanda mundial.

Como se ha señalado, esta actividad es sustentable, genera importantes encadenamientos y externalidades en la producción y en el empleo y tiene una gran cobertura regional, por lo que puede contribuir a un desarrollo territorial más equilibrado.

Actualmente existe una importante brecha tecnológica y productiva entre los establecimientos que han incorporado mejoras en el manejo y en otros aspectos productivos, por lo que desde el punto de vista técnico hay amplias posibilidades para aumentar la producción y el desempeño del sector, obteniendo niveles de productividad ya alcanzados por algunos de nuestros competidores en la producción, como es el caso de Australia y Nueva Zelanda.

A nivel mundial no se distinguen demasiados países que cuenten con abundancia de recursos naturales que les permita realizar un incremento sostenido de la producción de pasturas, granos forrajeros y oleaginosos, que permitan respaldar su mercado interno y generar exportaciones mediante su producción lechera.

Según el PEL entre los pocos países que no han agotado sus fronteras agropecuarias y/o que pueden aumentar significativamente su productividad, se encuentran EEUU, Brasil y Argentina. Cabe aclarar que países como Nueva Zelanda, Australia y EEUU tienen menores potenciales de crecimiento dado que deben basarlo únicamente en la intensificación de la producción y en los aumentos de productividad (muy alta en la actualidad).

La brecha tecnológica es la que puede incrementar las oportunidades de crecimiento de estos países si crean contextos internos favorables.

Es determinante para explotar el potencial de la Cadena Láctea Argentina contar con un contexto interno que contribuya a la modernización e intensificación de la producción, el procesamiento y la comercialización de acuerdo al análisis realizado por los actores de la cadena.

En el proceso de Planeamiento Estratégico se han definido 6 áreas estratégicas de las cuales se hará mención la primera de ellas, dada la incumbencia del presente proyecto, siendo la misma consensuada entre la producción, la industria, los funcionarios de los gobiernos provinciales y del gobierno nacional y los técnicos pertenecientes de la I+D de la cadena.

#### “ÁREA 1: ESTRATEGIAS DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TÉCNICO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PRIMARIO E INDUSTRIAL.

1. Integrar, coordinar y reorientar la investigación y desarrollo para que trabaje en temas específicos priorizados en las líneas estratégicas del PEL.

1.1. Investigación y Desarrollo en el Sector Primario:

1.1.1. Investigar la tecnología y los sistemas productivos más apropiados para cada zona, que aumente la eficiencia productiva y empresaria de cada región.

1.1.2. Analizar, difundir y promover las buenas prácticas de manejo productivo.

1.2. Investigación y Desarrollo en el Sector Industrial:

1.2.1. Analizar, difundir y promover las buenas prácticas de manejo Industrial.

1.2.2. Promover el agregado de valor en las industrias del sector.

1.3. Investigación y Desarrollo sobre Impacto Ambiental:

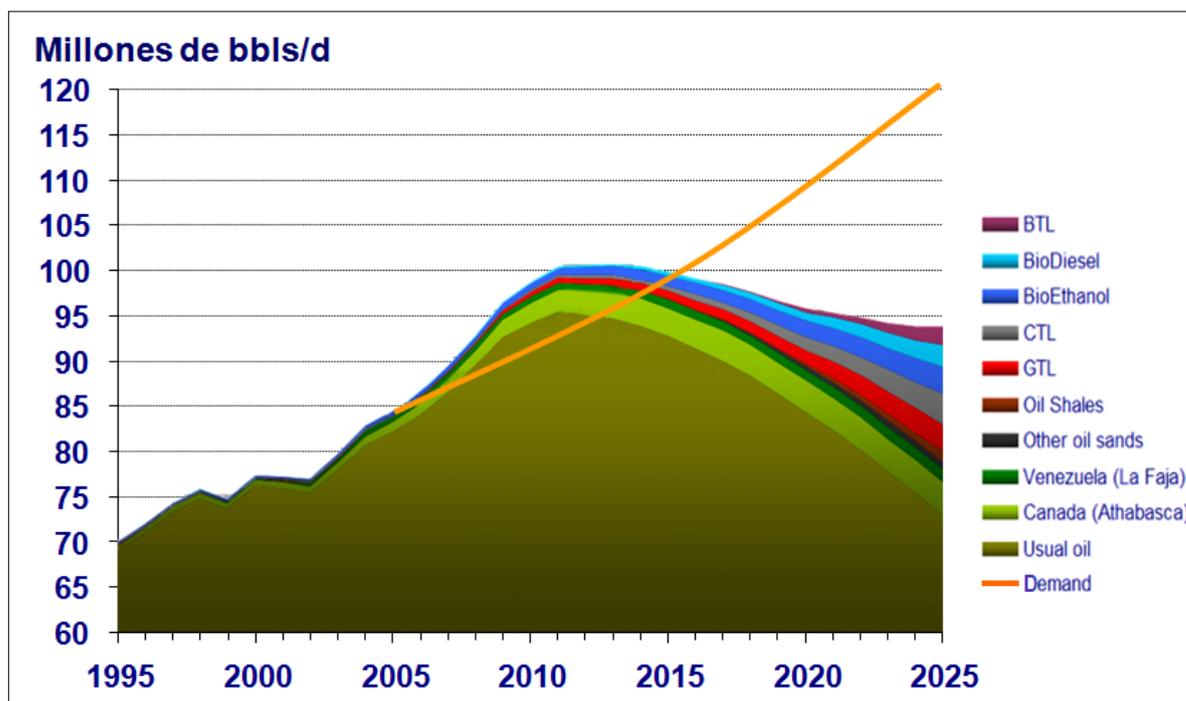
1.3.1. Crear conciencia para el uso racional de recursos: (Energía, Agua, Manejo de efluentes, etc.)

1.3.2. Promover la I+D de energías alternativas (PEL, 2008)”.

## **2.4. Situación energética**

### **2.4.1. En el mundo**

El crecimiento de la demanda energética en el mundo en la actualidad está por debajo de la oferta pero se estima que para el año 2016 llegará al límite para superar ampliamente la demanda a dicha oferta para el año 2020 según Energy Files (2005) como se puede observar en el gráfico siguiente.



**Figura 20. Abastecimiento energético mundial**

Fuente: Energy Files 2005.

#### 2.4.2. En Argentina

Los aspectos relevantes de la situación energética en Argentina según GFA Invest, 2011 se resume de la siguiente manera:

##### Generación de Electricidad

- La capacidad instalada total es de 28.6 GW (Año 2010)
- La generación total es de 113.383 GWh (Año 2010), 109.256 GWh (2009)
- El potencial para las energías renovables (a parte de hidro) está poco explorado
- La generación de electricidad se aumentó de 2005 hasta 2009 en un 3% por año (promedio)

##### Demanda de Electricidad

- Se incrementó fuertemente la demanda de electricidad en los últimos 5 años en un 6-8% anual
- Las estimaciones prevén una demanda actual de 2.000 MW capacidad instalada
- Se calcula un incremento de la demanda de 1.000 MW adicional por año
- Las oportunidades para Biomasa, Biocarburantes y otras formas de energía renovable son significativamente favorables

##### Marco Nacional para Energía Renovable

- El Gobierno quiere llegar a un 8% de la demanda de energía satisfecha por energía renovable hasta 2016 (Ley 26.190 (2006))
- El enfoque está dirigido a eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás
- Se encuentran establecidos por Ley beneficios impositivos por la generación de energías renovables

- El Decreto 562 (2009) establece dividendo complementario de cAR\$ 1.5/kWh - 0,25c€
- Se encuentra sancionada y reglamentada la Ley 26.093 para la Promoción de Biocarburantes



Figura 21. Incremento del precio del petróleo (us\$/bbl)

Nota: Fuente: Secretaría de Energía, 2009

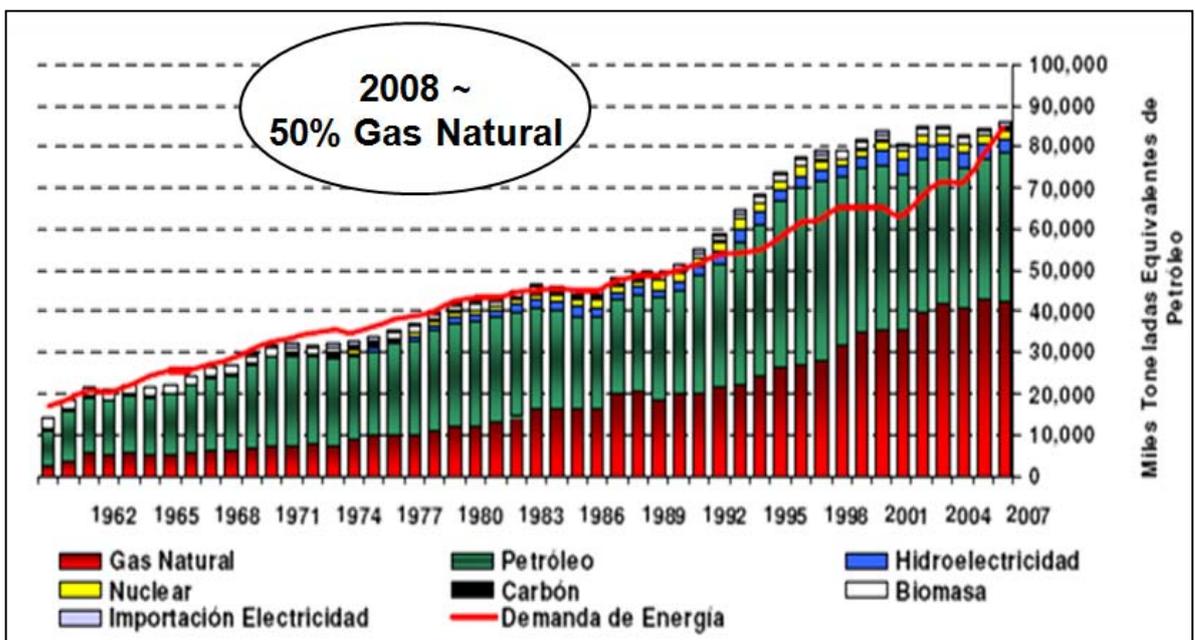
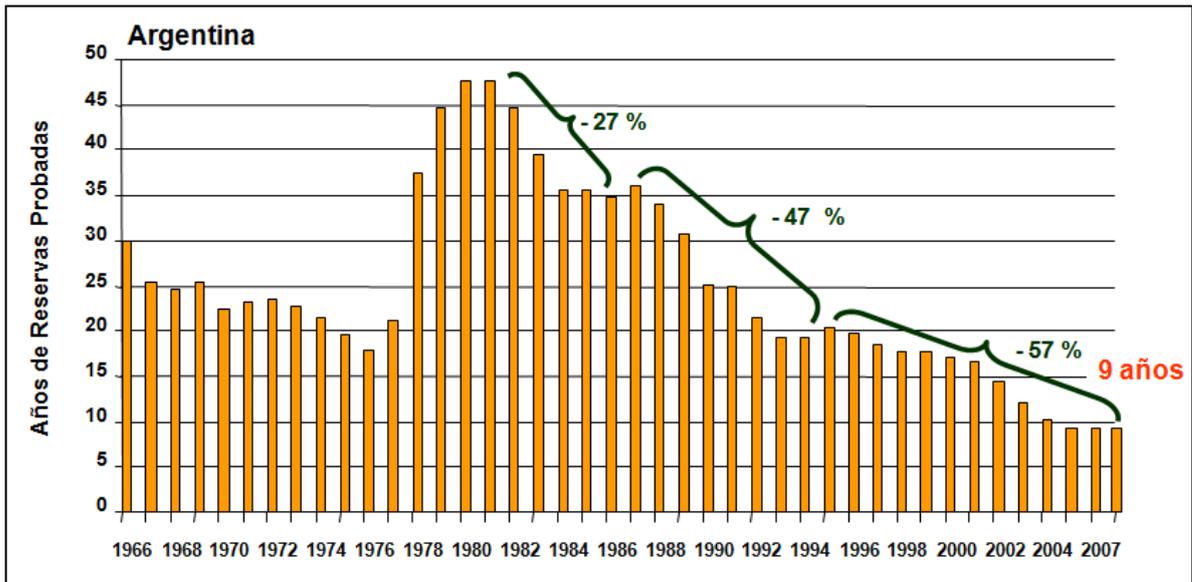


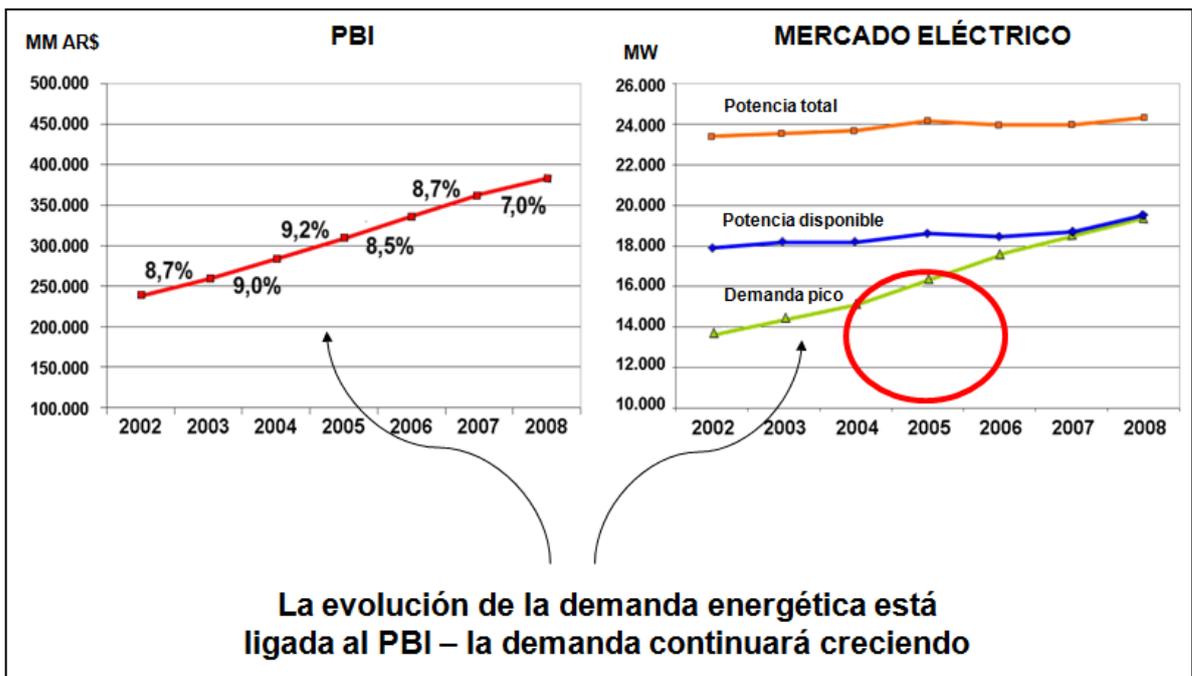
Figura 22. Energía Primaria – Argentina

Fuente: Secretaría de Energía, 2008



**Figura 23. Reservas probadas de gas natural**

Fuente: Instituto Argentino de Petróleo y de Gas, 2008



**Figura 24. Escenario energético – Argentina**

Fuente: Pan American Energy, 2008

## 2.5. Análisis del entorno

Las variables que se tuvieron en cuenta para el análisis fueron:

### Variables Económicas

- Disponibilidad de créditos
- Cambios de la economía del país
- Evolución de la producción primaria y secundaria

- Economías de escala
- Tendencias del PIB
- Patrones de consumo
- Tendencias de desempleo
- Relación entre el desarrollo económico de los bloques/regiones
- Factores de importación/exportación
- Fluctuaciones del consumidor final/industrial
- Políticas fiscales
- Políticas ambientales
- Tasa impositiva e impuestos
- Políticas internacionales de comunidades importantes

### **Variables sociales**

- Ingreso per cápita
- Ubicación de industria
- Actitudes ante los negocios
- Estilos de vida
- Actitud ante la calidad de productos
- Confianza en el gobierno
- Actitudes ante la inversión

### **Variables ambientales**

- Regulaciones de gobierno
- Cambios regionales en manejo de los recursos
- Programas de reciclaje
- Manejo de desechos
- Actitud frente a la problemática ambiental
- Conservación de los recursos energéticos
- Control de contaminación

### **Variables gubernamentales**

- Regulación y desregulación gubernamental
- Reglamentos para importaciones y exportaciones
- Gestión gubernamental en la protección del medio ambiente
- Condiciones políticas de otros países
- Medidas intervencionistas

### **Variables políticas y jurídicas**

- Cambio de las leyes fiscales
- Tarifas especiales
- Cantidad de patentes y marcas
- Leyes para la protección del medio ambiente
- Análisis del ciclo de vida
- Concentraciones y acuerdos políticos internos
- Leyes especiales

### **Variables tecnológicas**

- Contracción de las fuerzas tecnológicas
- Desarrollo tecnológico interno
- Nivel de tecnología
- Impacto de nuevas tecnologías
- Necesidades tecnológicas
- Relación de la tecnología en los sectores productivos

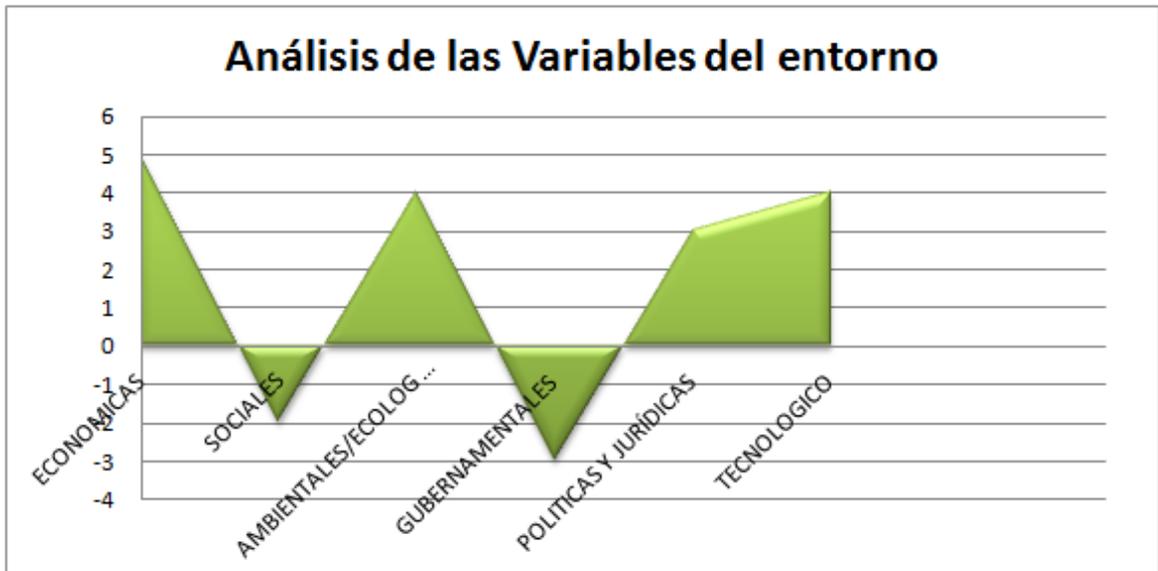
Las valoraciones de impacto y de probabilidad de ocurrencia surgen de las entrevistas realizadas a los siguientes referentes: Ing. Venturi (Gerente Gral. CETL, Sr. Alvo (Pte. CD CETL), Ing. Gutierrez, Ing. Crespo, Lic. Bres y Lic. Beily (IMyZA), Ing. Campaña (FRBB), Sr. Zuccotti (PROINGED), Ing. Crespo (Consultor de Cooperativas Eléctricas), Ing. Rey (Consultor), Cdr. Iriarte (Consultor), Ing. Colcomet (INTI), Ing. Aleman (PFYEnergy and Ecology), Lic. Piras (Municipalidad de Trenque Lauquen), Vet. Brandes (CAPROLECOBA), Ing. Fantino (Asesor Lácteo) y Ing. Bernigaud (INTA).

Tabla 9.

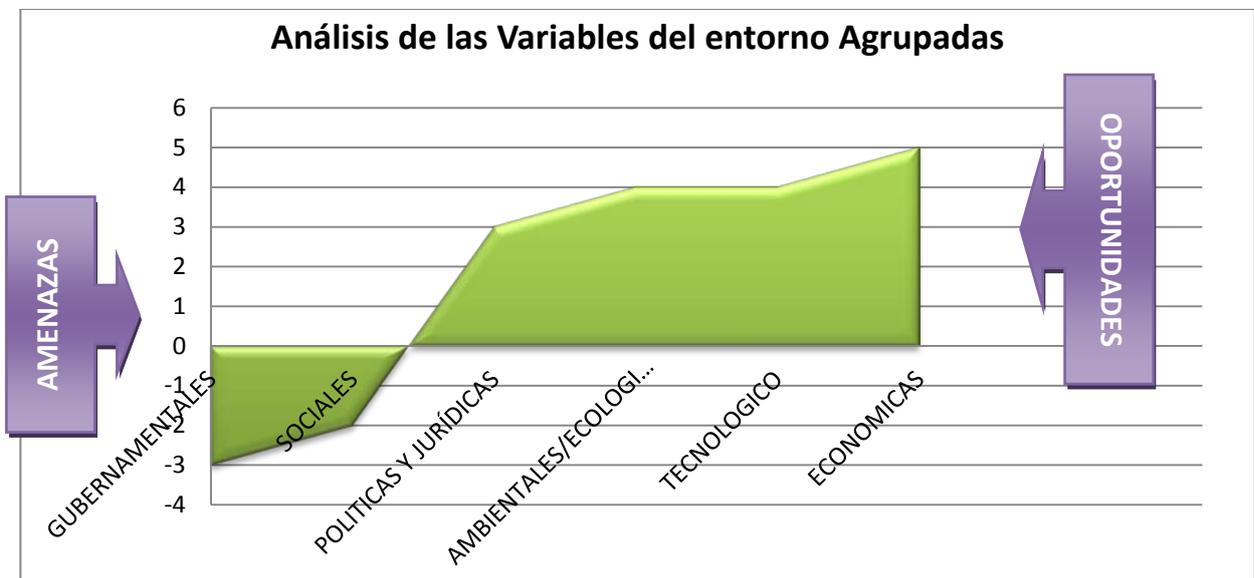
#### **Impacto y ponderación de las variables del entorno**

<b>VARIABLES</b>	<b>IMPACTO</b>	<b>CALIFICACION PONDERADA</b>
ECONOMICAS	positivo	5
SOCIALES	negativo	-2
AMBIENTALES/ECOLOGICAS	positivo	4
GUBERNAMENTALES	negativo	-3
POLITICAS Y JURÍDICAS	positivo	3
TECNOLOGICAS	positivo	4

**Nota:** Fuente: elaboración propia



**Figura 25. Análisis de las variables del entorno.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 26. Análisis de las variables del entorno agrupadas**  
Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Oportunidades: Matriz de impacto y acciones.

<b>Alto</b>	<p><b>Desarrollar planes posibles y controlar la evolución de la situación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Leyes de protección del medio ambiente</li> <li>*Leyes especiales</li> <li>*Concertaciones y acuerdos políticos</li> <li>*Actitud frente a la problemática ambiental</li> <li>*Nivel de la tecnología frente a necesidades</li> </ul>	<p><b>Acciones para actuar de inmediato (Ventaja Estratégica)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponibilidad de créditos</li> <li>*Políticas ambientales-fiscales</li> <li>*Patrones de consumo</li> <li>*Factores de importación y exportación</li> <li>*Cambios regionales en el manejo de los recursos</li> <li>*Desarrollo tecnológico interno</li> <li>*Cantidad de patentes y marcas</li> <li>*Control de la contaminación</li> </ul>	
<b>Medio</b>	<p><b>Acciones para seguir de cerca la evolución</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Compatibilidad entre industria primaria y secundaria de la cadena láctea</li> <li>*Manejo de desechos</li> </ul>	<p><b>Revisar y evaluar los impactos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Programas de reciclaje</li> <li>*Análisis de ciclo de vida</li> <li>*Impacto de nuevas tecnologías</li> </ul>	
<b>Bajo</b>			
	0%	50%	100%

**Figura 27. Impacto Positivo**

Fuente: Elaboración propia



## 2.8. Análisis FODA

OPORTUNIDADES	FORTALEZAS
<p>Existencia de un plan estratégico de la cadena láctea Estrategias de desarrollo científico y técnico de los sistemas de producción primario e industrial. Potencial de crecimiento del sector Abundancia de recursos naturales en el país Disponibilidad de fuentes de financiamiento para el sector Minimización del impacto ambiental El tambo como actividad sustentable (generación de encadenamientos y externalidades en la producción y el empleo) Asesoramiento tecnológico disponible(UTN-FRTL) Contexto económico y comercial favorable para la cadena láctea argentina Claridad del sector tambero de la necesidad de organización para el desarrollo sectorial Tendencia a la investigación y desarrollo sobre impacto ambiental en el sector Promoción de I+D de energías alternativas a nivel nacional y sectorial Tendencia del sector lácteo sobre el uso racional de recursos y aplicación de buenas prácticas de manejo productivo Certeza del sector tambero de la necesidad de aumentar su competitividad para permanecer en el mercado Posibilidad de aprovechamiento de alternativas de generación de energía no contaminante Posibilidad de empleo de la mano de obra local Marco regulatorio nacional para energías renovables Beneficios impositivos por generación de energías de fuentes renovables Demanda del mercado eléctrico nacional</p>	<p>Saneamiento: agua(napas), suelo y aire Subproductos: Biogás y Biofertilizante Transformación del biogás en energía eléctrica Posibilidad de inyección a la red de la energía eléctrica Consumo del biofertilizante en la producción agrícola propia Minimización de los costos de fertilizante comercial Materia prima: Costo 0 y la acumulación de los desechos orgánicos cerca del biodigestor RRHH: bienestar y calidad de trabajo Productiva: aprovechamiento de la capacidad actual de producción con usos alternativos Diversificación productiva Acceso a nuevos mercados: energía eléctrica</p>
AMENAZAS	DEBILIDADES
<p>Desconocimiento de la tecnología Cultural: falta de preocupación por la disposición final de los residuos Desconocimiento del grado de contaminación por residuos Falta de ajustes marco regulatorio de la Pcia. De Bs. As. Falta de experiencias en transformación de residuos en energía Falta de controles de ambientales (OPDS) Inestabilidad de la economía en el país Intervención agresiva del Estado sobre el Sector Brecha tecnológica dentro del sector Falta de acuerdo entre la producción primaria de la cadena láctea <b><u>Factores que impactan directamente sobre la actividad tampera</u></b> Situación energética mundial: agotamiento de las reservas de fuentes no renovables Reservas de gas natural en Argentina Tendencia de mercados internacionales hacia normativas de impacto ambiental en productos lácteos</p>	<p>Costo de inversión para la tecnología de tratamiento de efluentes Tecnología de inyección a la red: costo de inversión y desconfianza por falta de experiencias en el país Proceso biológico: variables sensibles Capacitación: en variables de control y seguridad Desconocimiento de la existencia de esta tecnología por parte de los productores que prefieren usar elementos conocidos Riesgo de explosión, en caso de no cumplirse las normas de seguridad mínimas</p>

**Figura 29. Análisis FODA**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30. Análisis FODA. Opciones e intenciones estratégicas**  
 Fuente: Elaboración propia

El Análisis FODA permite un exámen interno y externo de la problemática, identificando las fortalezas y debilidades, como las oportunidades y las amenazas, para luego realizar un entrecruzamiento que permitirá visualizar con mayor claridad las opciones e intenciones estratégicas. Las mismas al ser implementadas por la organización permitan alcanzar o posicionarse adecuadamente para alcanzar su visión u objetivo organizacional. Las estrategias de las organizaciones deben fundamentarse en el uso de sus fortalezas y la corrección de sus debilidades con el fin de explotar las oportunidades y contrarrestar los riesgos del entorno.

Las intenciones permitirán focalizar la voluntad en aquellas estrategias que permitan la consecución de los fines de la empresa. Las opciones estratégicas confieren la capacidad de elegir entre los medios que posee y potenciarlos.

<p><b>CRUCE DE VARIABLES</b></p>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Saneamiento ambiental (agua, suelo y aire)</li> <li>*Generación de subproductos: biogás y biofertilizante</li> <li>*Generación de energía eléctrica a partir del biogás e inyección a la red</li> <li>*Materia prima a costo 0 y en condiciones para su tratamiento directo</li> <li>*Generación de bienestar y calidad de trabajo</li> <li>*Diversificación productiva</li> <li>*Acceso a nuevos mercados</li> </ul>	<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Costo de inversión para la tecnología</li> <li>*Desconocimiento de productores de la tecnología</li> <li>*Necesidad de capacitación en variables de control y mantenimiento</li> <li>*Riesgo de explosión si no se cumplen las normativas de seguridad mínimas</li> <li>*Proceso biológico: sensible a variables ambientales</li> <li>*Tecnología de inyección a la red: inseguridad y desconfianza por falta de experiencias en el país</li> </ul>
<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Potencial de generación de energías alternativas y biofertilizante</li> <li>*Disponibilidad de fuentes de financiamiento</li> <li>*Existencia de PEL que contempla estrategias I+D para el sector primario</li> <li>*Marco jurídico y beneficios impositivos a nivel nacional para la generación de energías mediante fuentes renovables</li> <li>*Asesoramiento en I+D regional (UTN)</li> <li>*Minimización de impacto ambiental</li> <li>*Demanda del mercado eléctrico nacional</li> </ul>	<p><b>OPCIONES F-O</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Utilizar como materia prima los efluentes para la generación de energías alternativas del sector tambero</li> <li>*Utilizar el marco regulatorio y los beneficios impositivos por la generación de energía de fuentes renovables</li> <li>*Minimizar el impacto ambiental generando biogás y biofertilizante</li> <li>*Potenciar el PEL mediante el fomento a las tecnologías limpias</li> <li>*Ofrecer al mercado eléctrico la energía que surge de la transformación de los residuos</li> <li>*Brindar calidad y bienestar al sector tambero mediante el tratamiento de efluentes con digestión anaeróbica</li> </ul>	<p><b>INTENCIONES D-O</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Generar proyectos para acceder a las fuentes de financiamiento para generación de energías mediante fuentes renovables</li> <li>*Solicitar asesoramiento científico- tecnológicos de la UTN para capacitación en normativas de seguridad, mantenimiento y control de las variables de la tecnología de digestión anaeróbica</li> <li>*Fomentar el potencial de generación de energías alternativas del sector tambero</li> </ul>
<p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Desconocimiento de tecnologías de transformación de residuos</li> <li>*Falta de experiencias regionales en la transformación de residuos en energía</li> <li>*Inestabilidad económica en el país</li> <li>*Brecha tecnológica dentro del sector tambero</li> <li>*Falta de acuerdo entre producción primaria y secundaria</li> <li>*Ajuste de los mercados internacionales en normativas de impacto ambiental</li> <li>*Intervención agresiva del Estado sobre el sector</li> </ul>	<p><b>OPCIONES F-A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Desarrollar tecnología que minimicen impacto ambiental que aumentan la competitividad del sector</li> <li>*Lograr mayor independencia de la cadena láctea mediante su diversificación y acceso a nuevos mercados que le brinden sustentabilidad al sector</li> <li>* Realizar experiencias regionales de transformación de los residuos en energía generando beneficios al productor y a la región</li> </ul>	<p><b>INTENCIONES D-A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trabajar en investigación y desarrollo para la obtención e inyección a la red de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovables</li> <li>*Difundir las tecnologías de tratamiento de los residuos que producen energía alternativa</li> <li>*Estimular los proyectos de carácter científico tecnológicos que le brindan sustentabilidad y competitividad al sector</li> </ul>

**Figura 31. Análisis FODA. Cruce de variables.**

## 2.9. Planteo de escenarios

**A- Escenario pesimista:** Se considera para este escenario la coexistencia de los siguientes factores:

- Intervención del Estado frente al Sector Lácteo
- Inestabilidad económica creciente en el país
- Puja entre los sectores primarios y secundarios de la cadena láctea
- Desvinculación entre la oferta y la demanda láctea
- Incremento de la brecha tecnológica
- Ajuste de normativas ambientales por parte del Estado y de los países importadores de productos lácteos
- Aumento de la contaminación por la generación de residuos del sector
- Ineficiente manejo de los recursos en las producciones tamberas
- Escasez de energía

**B- Escenario optimista:** Se considera para este escenario la coexistencia de los siguientes factores, alguno de ellos basados en el PEL, 2008:

- Aumento de los costos de oportunidad de la tierra, debido a los altos precios del petróleo y el incremento en el consumo de biocombustibles, que estimularán la competencia en la demanda de tierras destinadas a la generación de bioenergía y a desequilibrios entre la oferta y la demanda de granos ocasionada por este nuevo contexto sumado al factor ambiental (PEL, 2008).
- Aumento en los costos de producción en todos los países, entorno altamente competitivo para el sector lácteo (PEL, 2008).
- Los mercados de mayor posicionamiento crecerán en búsqueda de innovaciones, calidad, calidad de servicios, de certificaciones de origen y procesos, de aspectos ambientales y de bienestar animal alineado a las preferencias del consumidor (PEL, 2008)
- Aumento del consumo de productos lácteos en países en desarrollo (PED)
- Surgimiento de tecnología integrada a la cadena láctea en relación a la transformación de los residuos en energía
- Fomento de I+D para aumentar la competitividad del sector lácteo
- Planificación estratégica energética de desarrollo nacional que fomente la integración del sector para desarrollar su potencial de generación de energía eléctrica y biogás.
- Incremento sostenido en la demanda del mercado energético nacional de energía renovables

**C. Escenario tendencial:** Se consideran los factores analizados en el FODA con tendencia a su consecución en el tiempo sin modificaciones sustanciales.

**D. Escenario posible:** Se considera para este escenario la coexistencia de los siguientes factores:

- Utilización como materia prima los efluentes para la generación de energías alternativas del sector tambero
- Utilización del marco regulatorio y los beneficios impositivos por la generación de energía de fuentes renovables
- Minimización del impacto ambiental generando biogás y biofertilizante
- Potenciación del PEL mediante el fomento a las tecnologías limpias que minimizan el impacto ambiental e incrementan la competitividad del sector.
- Ofrecimiento al mercado eléctrico la energía que surge de la transformación de los residuos
- Generación de proyectos para acceder a las fuentes de financiamiento para generación de energías mediante fuentes renovables
- Fomento del potencial de generación de energías alternativas del sector tambero mediante la valorización de sus residuos
- Logro de mayor independencia de la cadena láctea mediante su diversificación y acceso a nuevos mercados que le brinden sustentabilidad al sector
- Realización de experiencias regionales de transformación de los residuos en energía generando beneficios al productor y a la región
- Trabajo en investigación y desarrollo para la obtención e inyección a la red de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovables

## 2.10. Conclusión

Como se pueden observar surgen 4 escenarios entre los cuales alguno tendrá mayor probabilidad de ocurrencia que otro, sin embargo, es importante destacar frente a lo anteriormente presentado, que tanto la evolución de los mercados como el crecimiento poblacional del planeta están inmersos en una dinámica vertiginosa por lo cual habría que plantearse alternativas que contemplen dicho cambio.

El uso acelerado de los recursos energéticos finitos, el impacto ambiental asociado a la producción y los precios de las materias primas energéticas, confieren a las fuentes renovables de energía una importancia creciente en la política energética de la mayoría de los países desarrollados.

La utilización de la energía procedente de recursos renovables debería constituir un segmento substancial en la estrategia de las políticas energética y medioambiental. Sumado el impacto potencial en el sector de interés de este proyecto, los tambos de la Cuenca Oeste, y la situación por la que atraviesa el sector primario, se puede estimar que la inclusión de la tecnología de digestión anaeróbica para el tratamiento de efluentes puede conferirle al sistema productivo mayor competitividad, sustentabilidad, rentabilidad y minimización del riesgo, permitiéndole generar mayor independencia y solidez. Esto le permitiría sostener un mejor posicionamiento a la hora de negociar frente al sector secundario y afrontar con mayor flexibilidad los cambios del mercado, de las políticas nacionales e internacionales.

De esta manera quedaría con un buen posicionamiento la tecnología de digestión anaeróbica en la mayoría de los escenarios planteados considerando que en el peor de los casos, al escenario pesimista, le otorgaría al productor el beneficio de la oportunidad para hacer frente a las normativas ambientales, obtendría beneficios energéticos y podría

aprovechar el impulso nacional tanto con las fuentes de financiamiento como con los beneficios impositivos.

La disposición de los factores que se presentan en la actualidad desde el punto de vista energético, financiero, productivo y ambiental sumado a las posibilidades regionales de acceso a la capacitación y asesoramiento científico - tecnológico de una UTN como a las características de los recursos naturales (suelos permeables, grandes extensiones de tierra, etc.) de la zona presentan una oportunidad significativa para el desarrollo y la aplicación de la digestión anaeróbica como alternativa de tratamiento de los efluentes de tambo.

SECCION III  
ANALISIS DE MERCADO

---

### 3.1. Análisis de la demanda: Demanda Potencial a Nivel Nacional, Provincial y Regional.

#### 3.1.1. Datos generales de producción

Destacamos que la información que presentaremos se origina de diferentes fuentes con las que cuenta el Ministerio de Asuntos Agrarios, de las cuales una es el Registro Provincial de Tambos con las actualizaciones presentadas por los productores hasta la fecha y la otra es la información de la muestra constante de empresas.

#### 3.1.2. Datos de tambos

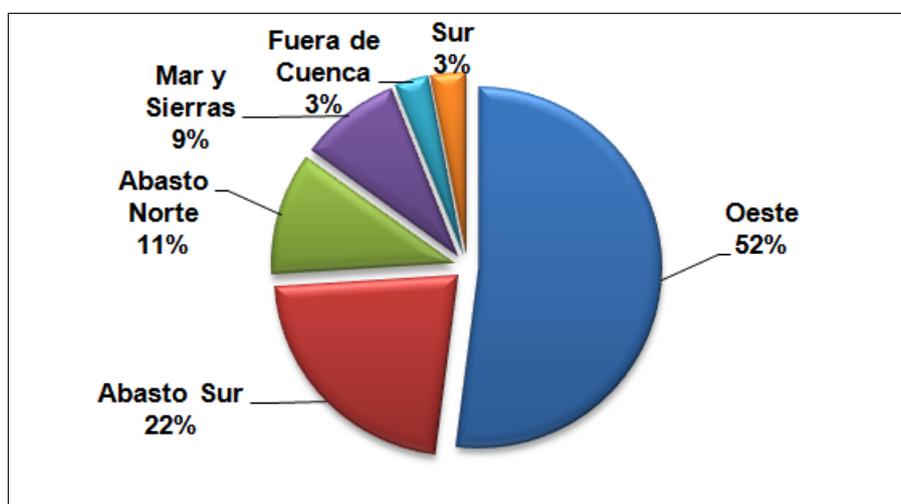
El Registro Provincial de Tambos reconoce que a la actualidad se cuenta con **2.626** tambos registrados (se realizó la comparación con los datos del SENASA y el valor total para el 2009 es similar).

Tabla 10.

**Presentación de Tambos por Cuencas de la Provincia de Buenos Aires**

<b>CUENCA</b>	<b>Nº de TAMBOS</b>	<b>%</b>
Oeste	<b>1.362</b>	<b>52</b>
Abasto Sur	<b>585</b>	<b>22</b>
Abasto Norte	<b>289</b>	<b>11</b>
Mar y Sierras	<b>241</b>	<b>9</b>
Fuera de Cuenca	<b>76</b>	<b>3</b>
Sur	<b>73</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.626</b>	<b>100</b>

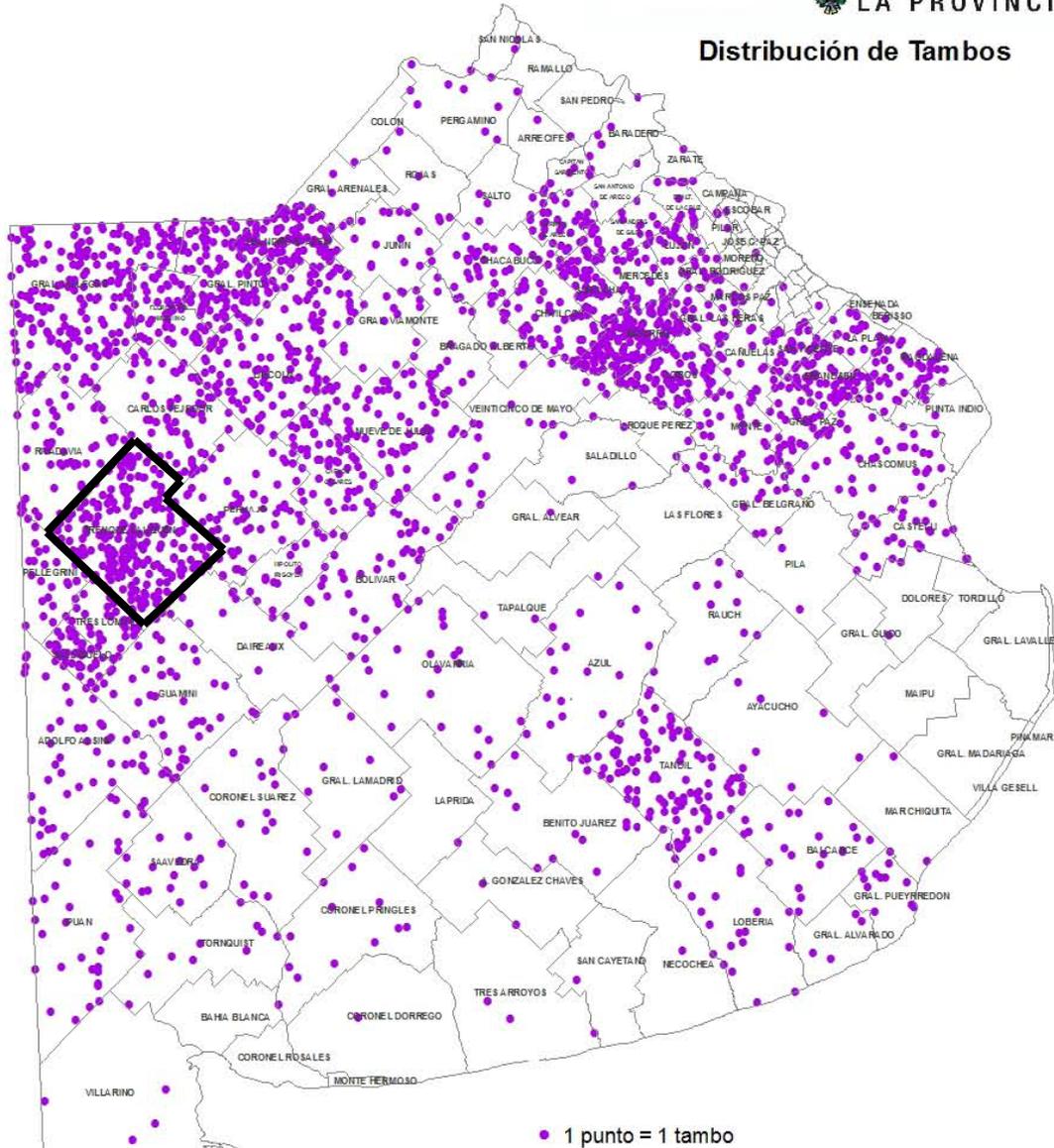
**Nota:** Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios, 2009.



**Figura 32. Porcentajes de tambos por cuenca (Bs. As.)**

Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios, 2009.

### Distribución de Tambos



DIRECCIÓN PROVINCIAL DE GANADERÍA  
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN LÁCTEA  
DEPARTAMENTO DE LECHERÍA

**Figura 33. Distribución de tambos en la provincia de Buenos Aires-  
Localización del Partido de Trenque Lauquen**

Fuente: Dirección Provincial de Ganadería, Dirección de Producción Láctea, Dpto. de Lechería, Ministerio de Asuntos Agrarios, 2010.

Tabla 11.

**Cantidad de tambos por Partidos de la Provincia de Buenos Aires.**

<b>PARTIDO</b>	<b>Tambos</b>	<b>PARTIDO</b>	<b>Tambos</b>	<b>PARTIDO</b>	<b>Tambos</b>
ADOLFO ALSINA	52	GRAL. ALVARADO	4	PEHUAJO	63
ALBERTI	6	GRAL. ALVEAR	1	PELLEGRINI	25
ARRECIFES	1	GRAL. ARENALES	4	PERGAMINO	10
AYACUCHO	7	GRAL. BELGRANO	19	PILA	4
AZUL	17	GRAL. LAMADRID	10	PILAR	3
BALCARCE	20	GRAL. LAS HERAS	16	PUAN	33
BARADERO	6	GRAL. PAZ	37	PUNTA INDIO	2
BENITO JUAREZ	13	GRAL. PINTO	102	RAMALLO	1
BERISSO	1	GRAL. PUEYRREDON	12	RAUCH	11
BOLIVAR	42	GRAL. RODRIGUEZ	11	RIVADAVIA	49
BRAGADO	14	GRAL. VIAMONTE	11	ROJAS	7
CAMPANA	1	GRAL. VILLEGAS	195	ROQUE PEREZ	2
CAÑUELAS	17	GUAMINI	44	SAAVEDRA	15
CAPITAN SARMIENTO	6	HIPOLITO IRIGOYEN	18	SALADILLO	4
CARLOS CASARES	48	HURLINGHAM	1	SALLIQUELO	37
CARLOS TEJEDOR	62	JUNIN	18	SALTO	4
CARMEN DE ARECO	30	LA MATANZA	1	SAN ANDRES DE GILES	23
CASTELLI	27	LA PLATA	19	SAN ANTONIO DE ARECO	2
CHACABUCO	33	LEANDRO N. ALEM	100	SAN CAYETANO	1
CHASCOMUS	41	LINCOLN	124	SAN NICOLAS	2
CHIVILCOY	44	LOBERIA	21	SAN PEDRO	1
COLON	1	LOBOS	62	SAN VICENTE	24
CORONEL BRANDSEN	54	LOMAS DE ZAMORA	1	SUIPACHA	45
CORONEL DORREGO	1	LUJAN	18	TANDIL	103
CORONEL PRINGLES	13	MAGDALENA	51	TAPALQUE	3
CORONEL SUAREZ	15	MAR CHIQUITA	2	TORNQUIST	10
DAIREAUX	10	MARCOS PAZ	12	TRENQUE LAUQUEN	226
DOLORES	1	MERCEDES	21	TRES ARROYOS	3
ESCOBAR	1	MERLO	1	TRES LOMAS	34
EXALT. DE LA CRUZ	12	MONTE	24	VEINTICINCO DE MAYO	21
EZEIZA	1	NAVARRO	147	VILLARINO	4
FLORENCIO VARELA	1	NECOCHEA	1	ZARATE	2
FLORENTINO AMEGHINO	52	NUEVE DE JULIO	68	<b>TOTAL</b>	<b>2.626</b>
GONZALEZ CHAVES	3	OLAVARRIA	23		

**Nota:** Fuente: Ministerios de Asuntos Agrarios, 2009.

### 3.1.3. Datos procesados por cuenca

En general los promedios de la muestra, representan al perfil más alto de los tambos de la Provincia.

Tabla 12.

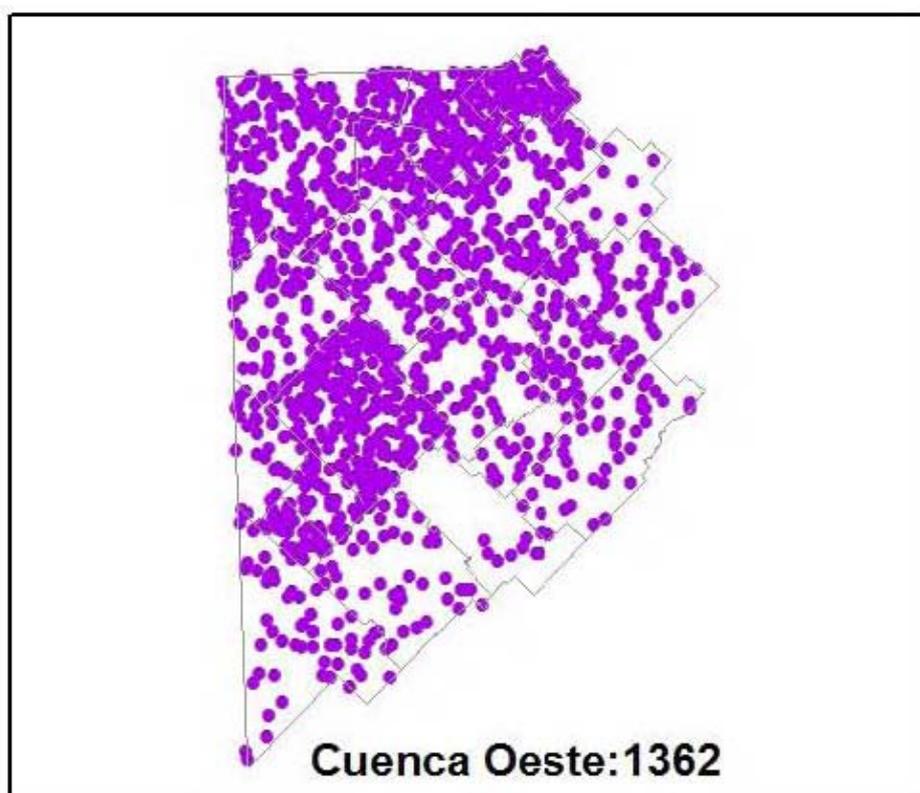
#### Volúmenes de producción láctea 2008-2009

CUENCA	% Plantas	% Litros Proc.	% Tambos	% Litros Prod.
Abasto Sur	27,57%	35,69%	20,40%	17,03%
Abasto Norte	14,71%	15,67%	8,45%	8,40%
Oeste	28,68%	28,04%	54,17%	55,70%
Mar y Sierras	16,54%	3,24%	10,45%	14,36%
Sur	4,41%	0,85%	6,39%	4,20%
Fuera de Cuenca	8,09%	16,52%	0,14%	0,31%

**Nota:** Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios, 2009.

En la tabla 11 se presenta la distribución, por cada una de las cuencas, según el porcentaje del número de plantas, los litros procesados por estas, la representación porcentual los litros producidos. Pudiendo de este modo inferir donde se produce, cuales son los tambos con mayor eficiencia y donde se procesa esa leche.

Destacando en el análisis a la Cuenca Oeste, que produce más del 55% de la leche aunque solo industrializa el 28 %.



**Figura 34. Distribución de tambos de la Cuenca Oeste**

Fuente: Ministerio de Asuntos Agrarios, 2009.

Tabla 13.  
**Cantidad de tambos por Partidos de la Cuenca Oeste**

<b>CUENCA OESTE</b>	
<b>Partido</b>	<b>N° tambos</b>
ADOLFO ALSINA	52
BOLIVAR	42
CARLOS CASARES	48
CARLOS TEJEDOR	62
DAIREAUX	10
FLORENTINO AMEGHINO	52
GRAL. PINTO	102
GRAL. VIAMONTE	11
GRAL. VILLEGAS	195
GUAMINI	44
HIPOLITO IRIGOYEN	18
LEANDRO N. ALEM	100
LINCOLN	124
NUEVE DE JULIO	68
PEHUAJO	63
PELLEGRINI	25
RIVADAVIA	49
SALLIQUELO	37
<b>TRENQUE LAUQUEN</b>	<b>226</b>
TRES LOMAS	34
<b>TOTAL</b>	<b>1362</b>

**Nota:** Fuente: Ministerios de Asuntos Agrarios, 2009.

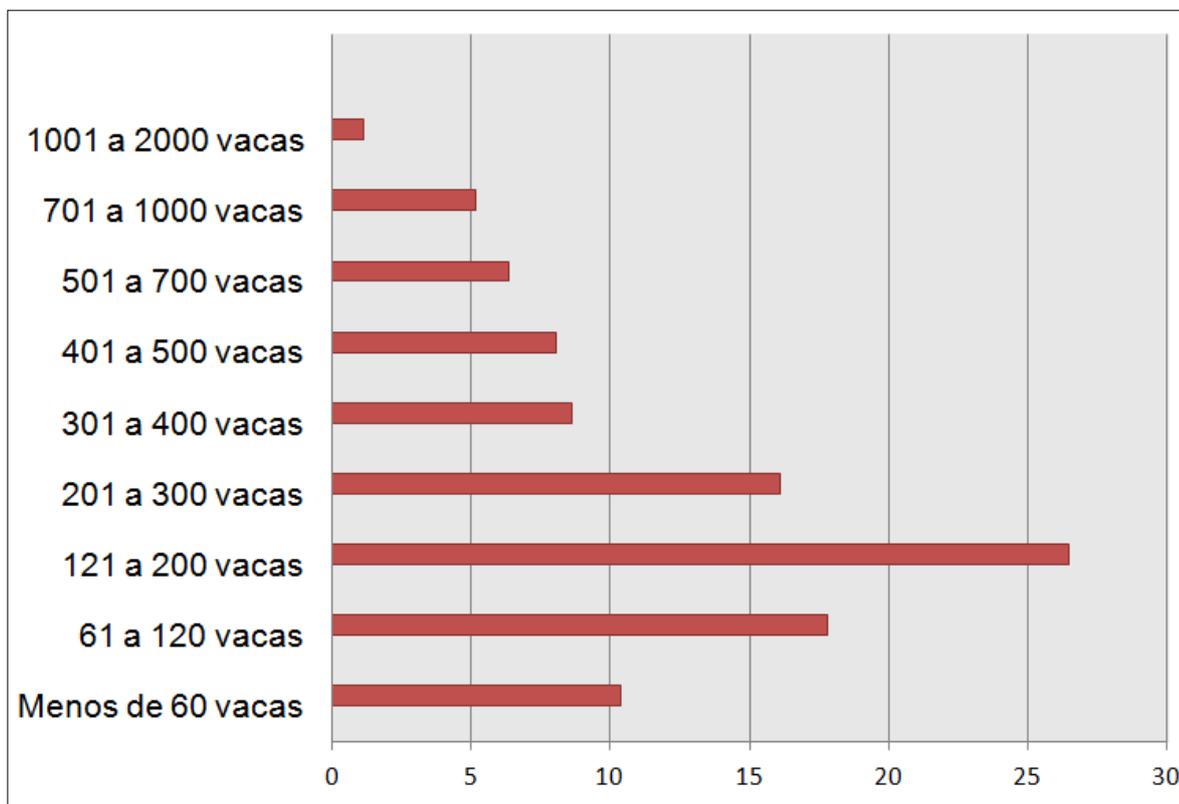
Tabla 14.  
**Cantidad de vacas del Partido de Trenque Lauquen**

<b>CANTIDAD DE VACAS DEL PARTIDO DE TRENQUE LAUQUEN</b>				
<b>TOTAL</b>	Vacas en Ordeño	Vacas Seca	Vacas TOTALES	LT/DIA
	39099	6238	<b>45337</b>	877180

**Nota:** Fuente: Control lechero, Trenque Lauquen, 2011.

Tabla 15.

**Distribución de cantidad de vacas por tambo.**



**Nota:** Fuente: Fundalauquen, 2<sup>da</sup> campaña, Trenque Lauquen, 2011.

De la información presentada cabe destacar los siguientes aspectos relevantes:

- que la Cuenca Oeste contiene el 52% de tambos en relación al resto de las cuencas de la Provincia de Buenos Aires
- Aporta el 55% del volumen de leche de la Provincia.

Es de destacar entonces según las incumbencias del manejo de efluentes, que se debe considerar el total de vacas en ordeño, que asciende a 39.099 unidades con una generación de 1.437,35 toneladas diarias de efluentes producidos sólo en el Partido de Trenque Lauquen como la “demanda potencial” a nivel regional.

Con este volumen de efluentes se puede estimar, sólo para el Partido de Trenque Lauquen, un potencial de generación eléctrica de 17 Gwh anuales mediante la implementación de la tecnología de digestión anaeróbica.

### **3.2. Análisis de la oferta: Oferta de Asistencia Tecnológica a Nivel Nacional**

#### **3.2.1. Capacidades de la Universidad Nacional del Litoral**

*Methane to markets (2007)*

En la Facultad de Química de la Universidad Nacional del Litoral trabajan un grupo de profesionales en temas relacionados con energía “no convencionales”. En el área de trabajo de biogás, el Ing. Gropelli, junto con el Ing. Giampaolli y un número de profesionales y técnicos desarrollaron y se tiene en marcha distintos proyectos de trabajo. Este equipo ha realizado distintas experiencias sobre tecnologías aplicadas al tratamiento de basura orgánica domiciliar y residuos rurales por digestión anaeróbica con

producción de biogás y fertilizantes. Es de referencia nacional y regional en el área, por sus sólidos conocimientos científicos y tecnológicos.

Estas experiencias fueron realizadas a distintas escalas. Se construyeron digestores a escala piloto hasta diseños de proyectos para tratar residuos de poblaciones de 10.000 habitantes.

### **3.2.2. Capacidades del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)**

El INTI es un servicio público nacional de generación y transferencia de tecnología a la industria.

Posee distintos centros de investigación y desarrollo. Los que se pueden relacionar con la temática del biogás son el de Ing. Ambiental, Energía, Mecánica y Procesos superficiales. En la temática ambiental, desarrolla el análisis y evaluación técnica de las diferentes tecnologías de biorreactores, en conjunto con el estudio de degradabilidad y caracterización físico - química de efluentes y residuos.

En el área energética, los objetivos se centralizan en desarrollar, implantar y estimular el empleo de tecnologías destinadas al uso eficiente de distintas formas de energía, incluidas las renovables; aplicables a los procesos productivos, el transporte y los sectores residencial, comercial y público; respetando el entorno ambiental. El desarrollo de equipos e instalaciones para la eficiencia energética es uno de los ejes de trabajo.

Respecto a las capacidades existentes en INTI con relación al biogás, se destacan (entre otros) la determinación de las características físico-químicas del biogás generado (composición, poder calorífico, índice de Wobbe); el análisis y estudio de los materiales más apropiados para la construcción de componentes (minimizar efectos corrosivos, maximizar aislamiento térmico, etc.) y el estudio y desarrollo de artefactos de producción de calor útil para distintos usos (cocción, secado, refrigeración y aire acondicionado, calefacción de ambientes).

### **3.2.3. Capacidades del Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria (INTA)**

Desde el año 1979 el INTA comienza a realizar estudios sobre digestión anaeróbica con aplicación específica en el campo agropecuario. Se desarrollan investigaciones a escala laboratorio y piloto así como unidades demostrativas en establecimientos agropecuarios. A nivel latinoamericano la institución interviene activamente en la red de cooperación horizontal de FAO con actividades de Brasil Chile y Uruguay.

Desde 1992 el IMYZA (Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola) viene trabajando en el Programa de Manejo Integrado de Plagas Sinantrópicas (MIP mosca doméstica), desarrollado para producciones ganaderas intensivas y agroindustriales. El MIP-MOSCA ha resultado exitoso porque utiliza de manera integrada distintas tácticas de control: biológico, físico, cultural y uso racional de productos químicos compatibles con los enemigos naturales.

La experiencia de los primeros años permitió ver que en algunos establecimientos (tambos, cerdos-haras y feed-lots) era necesario incluir un nuevo componente: *el tratamiento integral de los residuos orgánicos*, para resolver:

- 1- El problema sanitario generado por las moscas.
- 2- Reducir la emisión de olores.
- 3- Aumentar las condiciones de bioseguridad.
- 4- Reducir las aplicaciones de agroquímicos en las instalaciones.
- 5- Mejorar la calidad de vida de las zonas periurbanas afectadas por la cercanía de las actividades ganaderas.

Para abordar estas problemáticas, el INTA posee las siguientes capacidades:

- Para el tratamiento aeróbico de residuos:

- Desarrollo de protocolos de buenas prácticas de manejo para la gestión de los residuos en distintos sistemas ganaderos. Trabajo en conjunto con EEA Rafaela (tambos), EEA Anguil (feed-lots) - IMYZA (avicultura).
- Desarrollo de protocolos de producción industrial y técnicas de cuantificación de la calidad del compost, para la obtención de enmiendas orgánicas seguras.

- Para el tratamiento anaeróbico de residuos:

- A través del proyecto del Fondo de las Américas, se incorpora a la institución para trabajar en la digestión anaeróbica de los residuos sólidos urbanos y los residuos líquidos de tambo. De esta forma, el INTA retoma la línea de investigación iniciada en los 80 por el Ing. Hilbert. Se construye una planta piloto para RSU en materiales tradicionales y se diseña un digestor en fibra de vidrio para residuos líquidos de tambo (aún sin aplicar).
- Protocolización de las técnicas de análisis para el seguimiento de los parámetros de funcionamiento de los digestores anaeróbicos construidos.
- Desarrollo y evaluación de tecnologías para el reciclado de los efluentes liberados (aguas + barros) durante la biodigestión, mediante el tratamiento de las aguas residuales en piletas empleando diversas técnicas, como la fitorremediación con plantas suculentas (camalotes, lentejas de agua, repollitos, entre otras).
- Evaluación de los efluentes anaeróbicos mediante parámetros físico-químicos y ecotoxicológicos en la cadena trófica.
- Estudios de estabilidad microbiológica de los barros anaeróbicos

La filosofía de esta línea de investigación es “Incorporar en esta nueva etapa tácticas (aeróbicas o anaeróbicas) para valorizar adecuadamente distintas formas de transformación microbiana de los desechos orgánicos, evitando la contaminación de los RRNN y la proliferación de plagas en forma sustentable y segura (Crespo, D. 2007).”

### **3.2.4. Capacidades de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN)**

Las Facultad Regional Haedo ha realizado estudios en la utilización de biogás obtenido por fermentación anaeróbica de los materiales orgánicos. Rolando y Díaz (2000) refieren a la necesidad de recurrir a fuentes de energía económicas, que estén fácilmente disponibles y no impliquen el consumo de recursos no renovables considerando que es una demanda importante para los productores rurales, así como el mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo. Por lo tanto ésta posibilidad representa una solución aceptable para cubrir demandas surgidas del proceso productivo y de la vivienda rural. El proyecto que desarrollaron fue mediante un trabajo interdisciplinario entre la Universidad Nacional de Luján y la UTN – F.R. Haedo y permitió elaborar importantes conclusiones en el empleo de motores de combustión interna utilizando el biogás para la generación de energía eléctrica y otros usos.

Por otro lado la Regional Bahía Blanca tiene una amplia experiencia en la temática. Podemos mencionar entre sus trabajos el proyecto que tuvo como objetivo principal, contribuir a reducir la contaminación ambiental provocada por los olores derivados de la inestabilidad del exceso de barros activados generados en el tratamiento de efluentes de maltería de cebada cervecera, realizando el estudio de las condiciones de diseño y operación de un sistema piloto para tratamiento de barros activados, efluentes de una maltería (UTecNoticias, Diciembre 2005). Los investigadores confirman la posibilidad de conseguir la total estabilización de la materia orgánica por parte de las bacterias que intervienen y producir biogás a tecnología de digestión anaeróbica de residuos y efluentes, en particular para aplicaciones en tratamiento de efluentes cloacales y otros residuos de procesos agroindustriales (criaderos de aves, porcinos, tambos, frigoríficos, etc.) y que ésta tecnología brinda dos fuentes renovables de energía y materia: biogás y nutrientes que pueden ser utilizados como biofertilizantes (Campaña et al 2011).

Y a nivel local la Regional Trenque Lauquen está llevando a cabo un proyecto de digestión anaeróbica aplicada a efluentes de tambo, dirigido por el referente de la FRBB, Ing. Horacio Campaña. Es de destacar que integrantes de este han recibido capacitación en las prácticas profesionales de la carrera de ingeniería industrial realizadas en INTA Castelar, IMyZA (2009-2010), a cargo de la Ing. Diana Crespo y su equipo de investigadores, quienes poseen una amplia trayectoria en la transformación de residuos.

### **3.2.5. Productos Sustitutos**

#### **3.2.5.1. *Lagunas de almacenamiento***

El riego directo, o en sus variantes con lagunas de almacenamiento, implica la utilización del suelo como depurador, a la vez que se vuelcan los nutrientes contenidos en el efluente (nitrógeno, potasio y fósforo) para el crecimiento de la masa vegetal.

La utilización de este método implica un análisis de las características del suelo, estudio de las pasturas o cultivos receptores, criterio de distribución sobre la densidad y periodicidad del efluente volcado, con objetivo de evitar infiltraciones o escurrimientos, sobrecarga de nutrientes, carga orgánica excesiva, diseminación de patógenos, etc. Todo esto sumado a un estudio de tiempo y rentabilidad, debido al costo de transporte, maquinarias y elementos para su aplicación, por ser un fertilizante más voluminoso que los fertilizantes minerales.

Entre las distintas variantes de riego del efluente, o fertirriego, se puede encontrar:

- Riego directo: Consiste en almacenar el efluente diario, y distribuirlo en zonas diferentes del terreno. Esto implica un costo de movilidad alto y mayor tiempo de trabajo. Es aplicable principalmente a establecimientos relativamente pequeños, en donde es poco el efluente generado.
- Almacenamiento y riego: A fin de evitar el vertido en condiciones de suelo saturado y reducir los costos de transporte del efluente, se puede disponer de una laguna en donde se almacene por un periodo de tiempo. Este tipo de proceso requerirá de la impermeabilización de la laguna, además de un estudio de un manejo mayor de efluente. La laguna ocasionará una degradación del sólido, así como también la volatilización de parte del nitrógeno contenido en ella.

Otra de las desventajas de este sistema de tratamiento de los efluentes, es que no se reduce la contaminación atmosférica ni las condiciones ambientales de trabajo. La generación de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, y más potente aun, el metano, tanto como las condiciones organolépticas, moscas, etc., siguen siendo un problema para el establecimiento (Gutierrez y Cabrera, 2006; Producción Responsable y la Fundación Julio Ricaldoni, 2008).

#### **3.2.5.2. *Lagunas de tratamiento (estabilizadoras)***

Según Gutierrez y Cabrera (2006), el tratamiento con lagunas estabilizadoras del efluente generado en los establecimientos lecheros, consta de la reducción de la carga orgánica del efluente mediante la utilización de dos o tres lagunas, con diferentes características constructivas para favorecer el desarrollo de una actividad microbiológica específica.

Los sistemas están constituidos generalmente por una separación primaria de sólidos, dos o tres lagunas de tratamiento (anaeróbicas, facultativas, y aeróbicas con oxigenación forzada o no), con un filtro final o un tercer tratamiento con humedales (Wetlands) para disminuir los patógenos y la carga de nitrógeno, de acuerdo a lo visto en punto 1.2.3.

Estos sistemas, a diferencia del tratamiento con digestión anaeróbica, se caracterizan por:

- Requerir de suelo impermeable para la construcción de las lagunas.
- Operan con cargas orgánicas menores a los procesos anaeróbicos.
- Se necesitan datos sobre condiciones climáticas, ya que se debe considerar las precipitaciones en el diseño de las lagunas.
- Producción de malos olores.

- Generación de gases de efecto invernadero.
- Altos costos en el manejo y eliminación de sólidos y lodos.
- Los humedales artificiales tienen un costo de inversión elevado, además de un costo adicional de mantenimiento.
- No son una fuente de energía renovable.

### **3.2.5.3. Compostaje y Vermicompostaje**

El compostaje es un proceso biológico oxidativo, en el cual los microorganismos convierten materiales orgánicos en un material estable que libera nutrientes lentamente.

El proceso comprende varias etapas (mesofílica, termofílica y de maduración) que deben ser controladas (temperatura, humedad, etc.) para garantizar la descomposición correcta de la materia orgánica.

El compostaje requiere que la humedad óptima al inicio del proceso sea de 45/50 % en peso en base húmeda, lo que sugiere un proceso de decantación de los efluentes de tambo. Además necesita de una infraestructura tanto de protección contra las lluvias, como también para proteger al ambiente de los lixiviados. Si bien es un proceso que estabiliza la materia orgánica, para llevarlo a cabo requiere de un tamaño grande de superficie, maquinaria pesada para voltearlo y un material que sirva de estructura al efluente (viruta de madera o residuos de poda).

El material estabilizado, compost, es un compuesto con una alta concentración de nutrientes que puede ser usado como fertilizante, o también como materia prima para el proceso de vermicompostaje, que es la transformación del compost en humus a partir de la actuación de lombrices, lo cual ocasionaría una utilización de mayor superficie, ya que el material debe ser extendido para evitar altas temperaturas.

Por último, al igual que las demás alternativas de tratamiento, no es una fuente de energía renovable para el sistema.

### **3.3. Conclusión**

Queda evidenciado desde el punto de vista de la demanda, que la Cuenca Oeste presenta el mayor porcentaje de tambos de la provincia de Buenos Aires y que a pesar de no ser la de máxima industrialización láctea, a los fines de este proyecto que refiere al tratamiento de los efluentes, esta Cuenca posee el potencial de generación de residuos más importante de la provincia de Buenos Aires.

Contemplando la demanda potencial para este proyecto, el Partido de Trenque Lauquen, es capaz de generar 1.437,35 toneladas diarias de efluentes de tambo.

Con este volumen de residuos se puede estimar, un potencial de generación eléctrica de 17 GWh anuales mediante la implementación de la tecnología de digestión anaeróbica, equivalente al 15% del consumo total anual del partido.

Por otro lado la oferta tecnológica para el procesamiento de residuos se encuentra en pleno desarrollo tecnológico en el país, con experiencias a nivel laboratorio y piloto, así como otras aplicadas, por diferentes instituciones públicas que contribuyen al perfeccionamiento e impulso en el uso de este tipo de proceso especializado.

Se puede observar que la existencia de tratamientos alternativos a la digestión anaeróbica (sustitutos) no remiten los beneficios energéticos (biogás) y nutricionales para el suelo (biofertilizante) con la consecuente reducción de los costos de fertilizantes comerciales, como tampoco evitan los costos de inversión, si se pretende lograr un óptimo sistema de tratamiento.

Y se enfatiza la existencia regional, precisamente en la ciudad de Trenque Lauquen, de una institución pública de carácter científico- tecnológico, como la UTN-FRTL, que posee un equipo de profesionales capacitados que pueden transferir conocimiento y asistencia en investigación y desarrollo de la tecnología, brindando de esta manera soluciones frente a la demanda de los productores e industriales, contribuyendo de esta manera al desarrollo productivo regional.

SECCION IV  
TAMAÑO, LOCALIZACION Y LOGISTICA

---

## 4.1. Tamaño

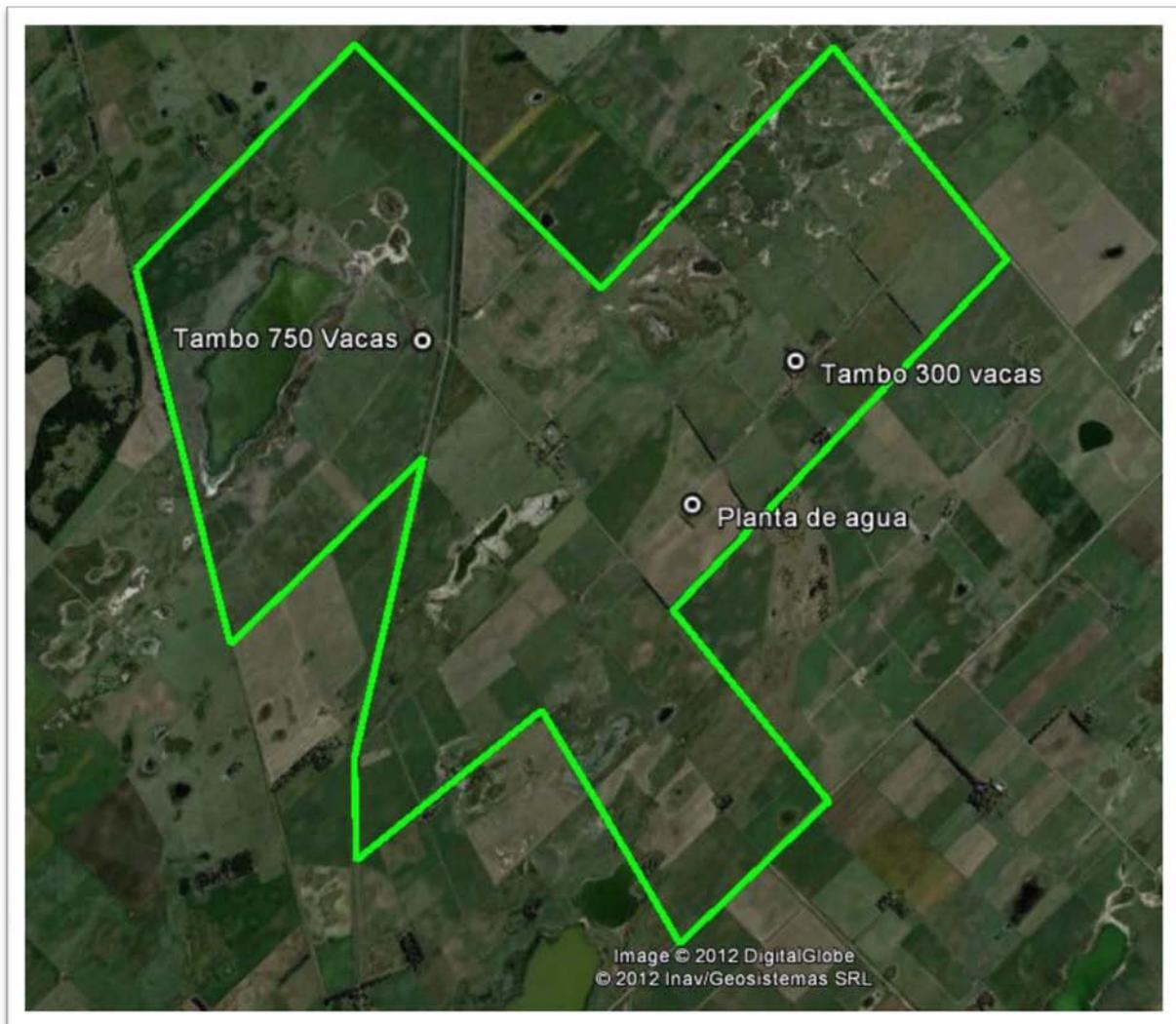
La capacidad de la planta se calculó en base a los siguientes factores:

- **Dimensionamiento de capacidad de planta**  
El productor que solicita este estudio manifiesta la necesidad de transformación de efluentes de su actividad tambera. Tiene un total de 1050 vacas en ordeño. Se realizó la planificación y diseño del biodigestor para la totalidad de 1050 vacas con un margen de seguridad del 20%, es decir para una operatividad óptima de la planta entre 840 y 1260 vacas en ordeño.
- **Capacidad de la tecnología de acoplamiento en paralelo de biodigestores**  
Dada la flexibilidad que presenta la tecnología de digestión anaeróbica de permitir acoplar en paralelo los biodigestores según los requerimientos de tratamiento si el productor excede del total de 1260 vacas puede acoplarse otro biodigestor para trabajar en serie sin inconvenientes en el sistema. Dicho cálculo excede a este proyecto.

## 4.2. Localización

Los factores que se tomaron en consideración para la localización de la planta son los siguientes:

- **La cercanía de las fuentes de materias primas (efluente)**  
Se consideraron los volúmenes de efluentes de los tambos 1 y 2, siendo mayor el volumen del tambo 1, por lo que se reducen los costos de almacenamiento, recolección y transporte si la planta se ubica en el predio del tambo 1.
- **Requerimiento de energía eléctrica**  
El tambo 1 por una cuestión directa con el equipamiento instalado requiere mayor potencia eléctrica que el tambo 2
- **La disponibilidad de mano de obra**  
El tambo 1 por la capacidad de trabajo posee mayor disponibilidad de mano de obra que el tambo 2.
- **La disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo (electricidad, agua potable, energía, comunicaciones, etc.).**
- **Proximidad a la ruta**  
El tambo 1 se encuentra más próximo a la Ruta Nacional N° 33
- **Entorno ambiental**  
Se debe construir lejos de espacio arbolados o que puedan tener raíces debido a la posibilidad de producir daños o alteraciones en el biodigestor



**Figura 35. Localización geográfica de los tambos y Planta de agua de pertenecientes a la Flía. Micheo**

Fuente: Google Earth, 2012.

#### **Referencias**

- Predio: 703, 96 hectáreas - 509,18 hectáreas útiles para siembra-.
- Tambo 1: 750 Vacas en ordeño (Latitud: 36° 3'7.42"S y Longitud: 62°44'39.02"O)
- Tambo 2: 300 Vaca en ordeño (Latitud: 36° 3'12.10"S y Longitud: 62°42'51.19"O)
- Planta de agua: Latitud: 36° 3'46.18"S y Longitud: 62°43'21.30"O



**Figura 36. Vista aérea del tambo 1, “Los baguales”.**  
Fuente: Google Earth, 2012.



**Figura 37. Vista aérea del tambo 2, “Héctor Micheo”.**  
Fuente: Google Earth, 2012.



**Figura 38. Localización de la planta de biogás**

Fuente: Adaptado de Google Earth, 2012.

La planta de biogás está localizada a 11 kilómetros de la planta urbana de la Ciudad de Trenque Lauquen y a 80 metros del tambo 1, sus coordenadas son Latitud: 36° 3'9.79"S y Longitud: 62°44'40.60"O, a metros de la Ruta Nacional N° 33.

### 4.3. Logística

Como quedó establecido anteriormente la planta de procesamiento de efluentes se construirá en el predio del tambo 1.

El efluente del tambo 2 será recolectado desde una pileta de almacenamiento para ser transportado hasta el tambo 2.

Se recorrerá una distancia total de 8 km diariamente y el sistema de transporte del efluente será mediante un tanque cisterna rodante equipado con una bomba estercolera.

El efluente del tambo 2 será canalizado directamente al tanque de alimentación del biodigestor.

### 4.4. Conclusión

En esta sección se determinó la capacidad de la planta en función de la cantidad de vacas en ordeño que posee el productor.

También se determinó la localización mediante análisis cualitativo de factores según las características de las explotaciones y su cercanía.

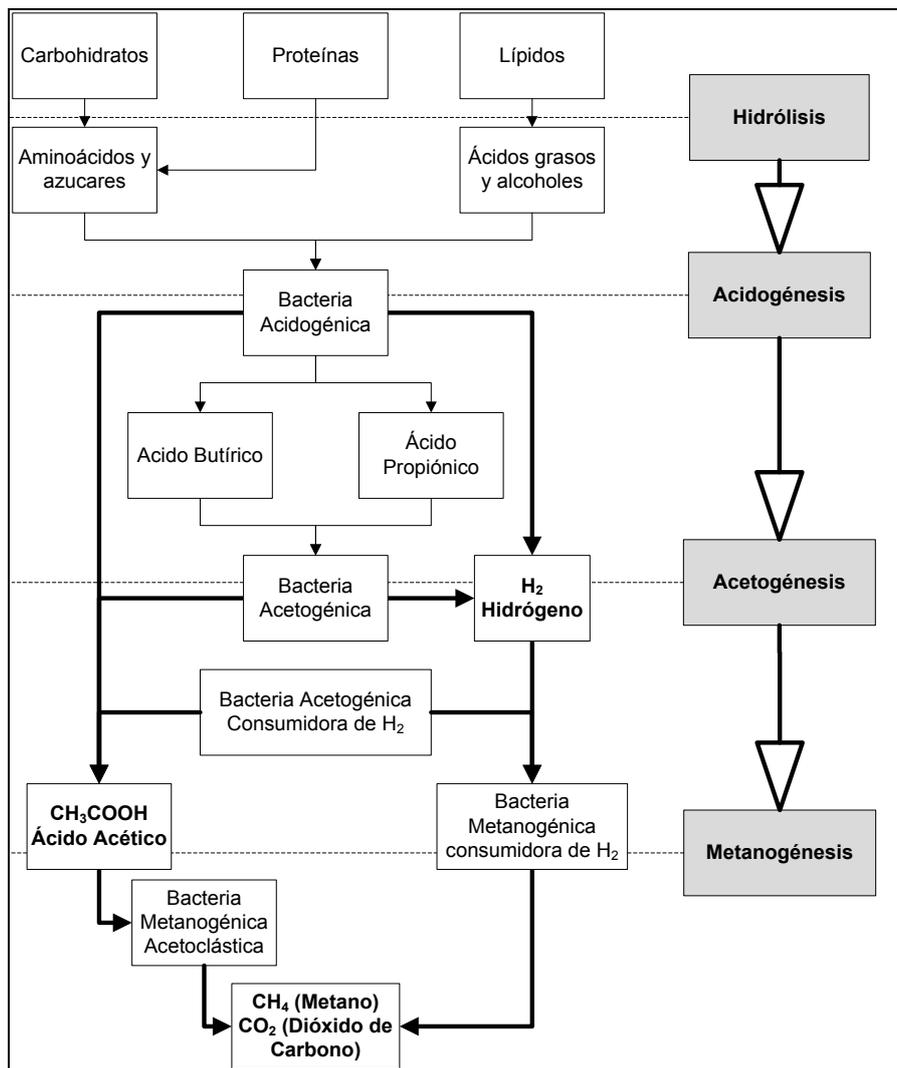
Y por último se realizó la aclaración del método de transporte que se utilizará y el equipamiento a incorporar, que se verá reflejado luego en la Sección VII, en el análisis económico-financiero.

SECCION V  
ANALISIS TECNOLOGICO

---

## 5.1. Digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica es una fermentación bacteriana, por medio de la cual la materia orgánica es descompuesta en ausencia de oxígeno. El proceso de descomposición comienza con el ataque de los microorganismos aeróbicos sobre el sustrato, consumiendo todo oxígeno disuelto. Como consecuencia, una vez agotado el oxígeno, se crean las condiciones para que se desarrolle la flora anaeróbica. Estas bacterias actuarán sobre la materia orgánica descomponiéndola, generando un bioabono, y como consecuencia de su respiración generarán un componente gaseoso, denominado biogás. En los últimos años se ha encontrado que existen al menos cinco tipos de microorganismos que llevan a cabo los pasos para hacer la descomposición anaeróbica de la materia orgánica; estos pasos son Hidrólisis, Acidificación, Acetogénesis y Metanogénesis. Se muestra a continuación un diagrama general de estos procesos:



**Figura 39: Degradación de la materia orgánica en la digestión anaeróbica.**

Fuente: Adaptado de Orozco, 1994, tomado por Expósito, G, y de Biodigestores, 2011.

En la etapa de hidrólisis las bacterias descomponen la materia orgánica de cadena larga en productos intermedios de cadenas cortas, durante la segunda etapa se producen el ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono que serán usados en las demás etapas. En la etapa acetogénica se degradan los ácidos orgánicos produciendo ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

En la última etapa, el grupo de bacterias metanogénicas se alimenta de los ácidos orgánicos (ácido acético, etc.) y del hidrógeno para producir el biogás.

### **5.1.1. Variables de control de la digestión anaeróbica**

#### ***Masa seca (MS)***

La masa seca se define como la cantidad de sólidos que contiene la biomasa. Este parámetro se calcula como la materia seca total que es alimentada o cargada diariamente al biodigestor. El porcentaje óptimo de operación con estiércol vacuno oscila entre ser de 8% a 10% con límite de 12% sólidos.

El contenido de masa seca determina la consistencia de un residuo. Este análisis debe realizarse de acuerdo con el método 2540 E Standard methods for examination of water and wastewater (APHA, 1995).

Este valor es también necesario para el cálculo de la carga orgánica volumétrica (COV en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) con la cual se alimenta el biodigestor.

Se debe controlar y verificar la MS por lo menos una vez por semana o cuando se note cambio en la producción de biogás.

#### ***Masa volátil (MV)***

La masa volátil es el volumen de masa orgánica que contiene la biomasa. Se determina la masa volátil determinando primero el contenido de cenizas que se obtiene de una muestra de MS después de la incineración de la masa seca durante 6 horas a 550 grados. Las cenizas corresponden a los sólidos inorgánicos no volátiles. Únicamente los sólidos orgánicos se volatilizan durante este ensayo. El conocimiento de la MV es importante ya que solo este porcentaje es el contenido real de masa orgánica en la biomasa. El resto es humedad, trazas inorgánicas y otras materias que no producen biogás. Solo el contenido de MV es el que produce biogás durante la digestión anaeróbica en el biodigestor.

El porcentaje de SV respecto a ST suele variar entre 70-95%.

#### ***Carga volumétrica (COV)***

Se entiende como COV a la cantidad de materia orgánica (MV) en kg con la que se alimenta diariamente por  $\text{m}^3$  de volumen biodigestor y por día ( $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{día}$ ). El valor de la COV depende mayormente de la temperatura del proceso al interior del biodigestor y del tiempo de retención hidráulica (TRH). La COV es considerada como parámetro para controlar la carga del biodigestor y es un factor determinante para el dimensionamiento del biodigestor. Si el sustrato está muy diluido, las bacterias no tienen suficiente alimento para crecer y sobrevivir; mientras que en exceso de sólidos disminuye la movilidad de los microorganismos y por consiguiente la efectividad del proceso, ya que les impide acceder al alimento. Se recomienda valores en un rango de 2-3  $\text{kg}/\text{m}^3$  con término medio de 2,5  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

#### ***Temperatura del proceso***

El biodigestor de este proyecto fue dimensionado para operar en el rango mesofílico, entre 25 y 45°C. La temperatura se debe mantener en un rango óptimo de  $34 \pm 1^\circ\text{C}$ , ya que las bacterias son sensibles a los cambios de temperatura.

La temperatura debe ser controlada y monitoreada de acuerdo a la variación climática. Se mide con un sensor de temperatura el que debe estar conectado a un equipo analizador y con un display.

#### ***Control de pH***

Es uno de los parámetros de control más importantes que hay que medir durante la operación de un biodigestor ya que los microorganismos metanogénicos presentan una gran sensibilidad a las variaciones del mismo. Si el valor del pH se mantiene entre 6,5 y

7,5 se consigue una alta generación y una elevada concentración de metano. Se recomienda realizar la medición del pH diariamente. Se puede utilizar cal o bicarbonato de sodio, recomendando este último por cuestiones operativas.

### ***Tiempo de retención hidráulica (THR)***

El THR determina el tiempo de permanencia de la biomasa en el Biodigestor. No existe un criterio unificado para determinar el tiempo de retención. Este valor depende de la temperatura ambiental, de la temperatura de proceso y de la carga orgánica volumétrica que se aplica al Biodigestor. El THR que se seleccione para una biomasa determinada depende también de la degradabilidad de la materia orgánica. La materia orgánica de fácil degradación requiere de un menor TRH.

En los sistemas batch el THR coincide con el tiempo de permanencia del sustrato dentro del Biodigestor. El tiempo de retención nunca deberá ser menor de 15 días ni mayor a 45 días.

### ***Demanda química de oxígeno (DQO)***

La DQO es la cantidad total de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar completamente las sustancias orgánicas e inorgánicas contenidas en un litro de suspensión y se emplea como una medida indirecta de la cantidad de sustrato de masa orgánica que puede ser transformada a biogás. Por el principio de conservación de la materia, la cantidad eliminada de demanda química de oxígeno, medida indirecta de la concentración de materia orgánica del residuo o efluente a tratar, se convierte en biogás la cantidad máxima de metano que puede producir un kilogramo de DQO degradado es de 0,35 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg en condiciones normales de presión y temperatura. Según la demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidado por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/l).

### ***Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)***

Otro parámetro que determina la degradabilidad de los residuos es la demanda biológica de oxígeno. Tanto la DBO como la DQO son proporcionales al contenido de materia orgánica en la suspensión a degradar, pero la primera es más representativa de la degradabilidad de la misma. Es la cantidad de oxígeno requerida, para estabilizar la materia orgánica contenida en aguas contaminadas o aguas industriales residuales, que pueden descomponerse biológicamente.

Determina la cantidad de oxígeno absorbido por un recibo en descomposición. Es un parámetro que nivela la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación.

### ***Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)***

Para que los procesos anaeróbicos desarrollen la flora microbiana eficientemente, es necesario que la materia orgánica contenga una cierta cantidad de nutrientes. La relación carbono a nitrógeno debe estar en un rango óptimo alrededor de 30:1. Cuando la relación es muy baja hay pérdidas de nitrógeno asimilable lo cual reduce la calidad del material digerido. Si la relación es muy amplia se inhibe el crecimiento debido a falta de nitrógeno. Si hay demasiado carbono en la materia el proceso se hace más lento y tiende a acidificarse. Si hay demasiado nitrógeno, éste se perderá como amoníaco, elevando el pH y el efluente tendrán menos nitrógeno por lo que su calidad como fertilizante será más baja. También se requiere de una cantidad de fósforo en una proporción de 5:1. Además deben estar presentes metales alcalinos y alcalinos terrosos, como sodio, potasio, calcio y

magnesio en pequeñas concentraciones, micronutrientes; de lo contrario, pueden ser causa de la inhibición del proceso de digestión. Para cumplir con las funciones enzimáticas también se requiere de muy pequeñas concentraciones de hierro, cobre, zinc, níquel, etc., los que se encuentran en las cantidades necesarias en todos los ácidos orgánicos habitualmente utilizados.

Prácticamente toda la materia orgánica es capaz de producir Biogás al ser sometida a la fermentación anaeróbica. La cantidad y calidad del biogás producido dependerá de la composición del desecho utilizado. El carbono y el nitrógeno son las fuentes principales de alimentación de las bacterias que producen metano. El carbono es la fuente de energía y el nitrógeno contribuye a la formación de nuevas células. Los elementos principales de las bacterias anaeróbicas son el carbono y nitrógeno.

### **Presión Hidrostática**

En general si se tiene un aumento de la presión de 10 cm de agua en el Biodigestor, ocasiona que se disminuya la producción de Biogás en un 5%. Cuando la presión Hidrostática es superior a 300 gramos por centímetro cuadrado, la velocidad de trabajo se reduce en un 50%.

### **Sustancias tóxicas**

Estas han sido clasificadas en tres categorías que son: iones minerales, iones de metales pesados y detergentes. Un alto contenido de iones de metales pesados ocasiona aumentos en el pH; por otro lado, es necesario liberar la materia prima de detergentes, insecticidas y herbicidas, ya que estos pueden afectar el desempeño de las bacterias, así como la presencia de productos antibióticos en las heces de animales que se encuentran en tratamiento veterinario.

### **Potencial Redox**

El rango considerado como más idóneo se encuentra entre -300 mV y -330 mV.



**Figura 40: Equipo para medición y control de temperatura, pH y redox**  
Fuente: Biodigestores, 2011

Tabla 16

### **Condiciones límites de los parámetros que gobiernan la digestión anaeróbica**

<b>Parámetro</b>	<b>Condición Límite</b>
Relación C/N	30
Nitrógeno amoniacal	1500 a 3000 mg/lts
Relación acidez volátil y alcalinidad total	>0,3 a 0,4
Temperatura	< 20 °C
PH	7,1 – 7,5
Presión hidrostática	Si es > a 300 g/cm <sup>2</sup> , la velocidad de trabajo se reduce un 50%
Sustancias Tóxicas	Liberar la materia prima de detergentes, insecticida y herbicidas
Potencial Redox	Condición límite si supera -350 mV

**Nota:**Fuente: Expósito G., 2004

## 5.2. Características de los efluentes: Biogás y Bioabono

El biogás está compuesto básicamente por una mezcla de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y otras trazas de gases en menor proporción. En general se adopta la siguiente composición del biogás

Tabla 17  
Composición del Biogás

Gas	Símbolo	Porcentaje (%)
Metano	$\text{CH}_4$	54-70
Dióxido de carbono	$\text{CO}_2$	27-45
Hidrogeno	$\text{H}_2$	1-10
Nitrógeno	$\text{N}_2$	0,5-3
Acido Sulfhídrico	$\text{H}_2\text{S}$	0,1

**Nota:** Fuente: Gijzen, 1994, tomado por Expósito, G

Dependiendo del contenido de metano, puede tener un poder calorífico alrededor de 5 a 7  $\text{kWh/m}^3$  (Aqualimpia, 2011), esto lo hace una fuente de alto poder energético.

Entre los usos más comunes se encuentran:

- Producción de calor mediante combustión directa.
- Sistemas de cogeneración para producción de energía eléctrica y agua caliente.
- Motores de combustión interna para aprovechamiento de energía mecánica.
- En vehículos.
- Vertido a la red de gas natural, etc.

El lodo estabilizado o bioabono, es conocido como un excelente mejorador orgánico de suelos. Este puede ser usado en la propia instalación o secado y vendido a demás productores.

## 5.3. Diseño y dimensionamiento de planta de biogás

### 5.3.1. Consideraciones para el diseño

La creación de la planta de biogás debe perseguir dos objetivos importantes:

- El primero es lograr una reducción alta de la carga orgánica de los efluentes del tambo.
- El segundo es una producción alta de biogás.

Para poder cumplir con estos objetivos, se tuvo en cuenta los siguientes factores durante el dimensionamiento:

- Cantidad de residuo disponible para el digestor.
- Temperatura de ingreso del residuo
- Características físico químicas de la biomasa
- Condiciones climáticas.
- Condiciones topográficas.
- Requerimientos de energía
- Requerimientos de bioabono
- Condiciones socioeconómicas
- Variables de control del proceso de digestión
- Materiales de construcción.

- Personal capacitado.
- Plan de contingencia.

### **5.3.2. Variables de dimensionamiento y operación.**

- Volumen total de biomasa: La cantidad de residuo diario es 38,6 Tn/d.
- Datos hidrológicos (Auge, M., 2004):
  - Temperatura mínima: 9,2 °C.
  - Temperatura media: 16,5 °C
  - Temperatura máxima 24, 5 °C
- La temperatura de la biomasa es alrededor del 18°C.
- Masa seca (MS): el porcentaje de masa seca es de 8%, aproximadamente 3.088 kg/d
- Masa volátil (MV): el porcentaje de masa volátil es de 83%, 2.562,73 kg/d
- El porcentaje de masa volátil resistente a la degradación por sustancias tóxicas o inhibidores es del 3%
- El coeficiente de decaimiento por día de producción de biogás es de  $k=0,06$ .
- La eficiencia de conversión de sólidos volátiles a biogás es de 65,09%
- La eficiencia de degradación de orgánicos es de 67,10%
- La Carga orgánica volumétrica (COV) es de 1,63 kg/(m<sup>3</sup>.d)
- El proceso funcionará a una temperatura de 34°C
- El Tiempo de retención hidráulica será de 34 días
- La tasa de dilución es del 10%, lo cual para este residuo no es necesario agregar agua.
- El pH se mantendrá controlado entre un intervalo de 6,5 a 7,5
- La relación Carbono Nitrógeno es de 25:1 para este sustrato
- La producción de biogás estimada estará en los 765,67 m<sup>3</sup>/d o 279470 m<sup>3</sup>/año, con un porcentaje de metano del 61%.
- Se agrega un margen de seguridad del 20% al volumen del digestor para amortiguar variaciones en la cantidad de biomasa

### **5.3.3. Diseño y dimensionamiento**

#### **5.3.3.1. Diseño**

La planta de biogás quedará conformada por las siguientes estructuras:

- Tanque de alimentación: en este se realiza la mezcla de la alimentación, el residuo de tambo, que recibirá el digestor. Estará compuesto por:
  - Un tanque circular
  - Tuberías de descarga de material extraño o arena depositado en el fondo.
  - Tuberías de carga con una rejilla antes de entrar al digestor.
  - Medidor de caudal.
  - Entrada de agua o recirculación de bioabono.
  - Llaves de paso o compuertas.
  - Mezclador-Homogeneizador.
- Sistema de alimentación: a través de este sistema se entrega, por gravedad, la carga orgánica mezclada al digestor durante un lapso de 24 horas.

- Digestor: el tanque fermentador será construido mediante una cava impermeabilizada con una membrana, lo que comúnmente se denomina digestor bajo tierra de membrana. Estará compuesto por:
  - Una laguna rectangular.
  - Membrana de fondo de polietileno de alta densidad (HDPE)
  - Membrana de cubierta AQFlex
  - Paredes de hormigón para sujetar membrana de cubierta y formar el sello hidráulico
  - Entradas de tuberías de captación de biogás a través de las paredes del sello.
  - Tuberías de carga, descarga efluente y descarga de lodos.
  - Agitadores
  - Sensores de temperatura, pH y Redox
  - Medidor de caudal de biogás.
  - Medidor de composición de biogás.
  - Sistema de extracción de lodos
  - Sistema de Aislamiento.
  - Sistema de calefacción
  
- Tanque de descarga: este tanque rectangular recibirá la descarga del digestor. Un volumen mayor al de alimentación permitirá tener mayor flexibilidad, dado que se utilizara el sustrato como fertilizante en el propio establecimiento. Estará compuesto por:
  - Tanque de membrana.
  - Pozo de bombeo para extracción de lodos asentados en el fondo.
  - Sistema de bombeo para extracción de lodos.
  
- Lecho de secado de lodos: Los lodos y parte del bioabono enviados a este sector son secado por acción del viento y el sol. Las características principales del lecho de secado serán:
  - Paredes de ladrillo.
  - Piso conformado por grava, arena y ladrillos para crear un filtro.
  - Tuberías de drenaje debajo de la grava.
  - El lecho de secado será de dos celdas.
  - Una pequeña rampa para retirar los lodos.
  
- Tuberías de captación y conducción de biogás. Se instalarán puntos de captación de biogás ubicados en lados opuestos en la pared del sello hidráulico. Se deberán instalar válvulas antideflagrantes de sobre presión y vacío, además de la trampa de condensados en cada cambio de pendiente.
  
- Sistema de acondicionamiento de biogás. El sistema de acondicionamiento se ve afectado principalmente por el destino que se le va a dar al biogás, en este caso, la generación de energía eléctrica mediante una microturbina. Se adoptó este sistema debido a:
  - Antecedentes existentes en el país: en este punto se tomó contacto con el representante técnico de la empresa PFY Energy and Ecology en Argentina, el Ing. Daniel Alemán, que aconseja para este tipo de proceso el uso de microturbinas Capstone y afirma que se están utilizando en la actualidad con muy buen rendimiento en una granja de porcinos, donde utilizan el efluente del proceso productivo generando energía eléctrica que inyectan a la red de la Comunidad de Heroldo, Córdoba, sin complicación alguna.

- Este sistema requiere la extracción de todo el vapor de agua contenido en el biogás, esto resta importancia al H<sub>2</sub>S, ya que al ser soluble en agua, se eliminara en gran porcentaje. Además del filtro, el biogás deberá tener una presión elevada por lo que será necesario un compresor de gas.
- Facilidad de sincronización con las condiciones de servicio a la red.
- Se descarto la opción del generador con motor de combustión interna ya que para la venta de energía a la red era necesario una estación transformadora además del sistema de acondicionamiento específico para esta opción.
- Sistema de cogeneración para energía eléctrica y agua caliente. Como ya se anuncio anteriormente, la generación de energía eléctrica se realizará mediante una microturbina con recuperador de calor, el cual proporciona el agua caliente para mantener el digester a la temperatura de trabajo.
- Antorcha de biogás. El sistema de quema de biogás contendrá:
  - Antorcha de acero inoxidable.
  - Rampa de entrada de gases conteniendo elementos como corta llamas, electroválvulas de corte, etc.
  - Tablero de control y maniobra
  - Sistema automático de encendido
  - Para rayos
- Tanque cisterna rodante y estercolera.
- Laguna impermeabilizada para plan de contingencia.

### 5.3.3.2. Dimensionamiento

Gran parte de la planta de biogás se dimensiono utilizando el software Biodigestor-Pro 4.0 desarrollado por Aqualimpia (ver anexo I).



**Figura 41. Biodigestor-pro**  
Fuente: Software biodigestor-pro

Los resultados arrojados por el software son los siguientes:

- Tanque y sistema de alimentación: Las características constructivas son las siguientes:
  - Losa de 0,3 m de hormigón armado  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  (relación agua-cemento de 0,6)
  - Pendiente de losa de 0,5% hacia tuberías de descarga de arena y material inorgánico.
  - Volumen:  $38,6 \text{ m}^3$ .
  - Altura: 1,2 m.
  - Paredes de 0,2 m con enlucido liso de cemento en ambas caras y pintadas interiormente con preparado anti-hongos.
  - 2 tuberías de descarga al digestor de 100 mm de diámetro ubicadas 50 mm más alto del fondo y separadas 3 metros entre sí, con rejilla de hierros de 50 mm de separación.
  - Medidor electromagnético de flujo con rangos de medición de caudal de 10 – 200  $\text{m}^3/\text{h}$ , sistema de transmisión digital de datos, rangos de velocidad de fluido entre 0,1 – 10 m/s cada tubería.
  - Compuerta de fibra de vidrio y marco de acero galvanizado
  - Entradas de tuberías de retorno de lixiviados del lecho de secados.
  - Mezclador – homogeneizador.
  
- Digestor :
  - El digestor tendrá un volumen de  $1575 \text{ m}^3$ .
  - El fondo de la laguna es  $19,65 \times 10,10 \text{ m}$
  - La altura total es de 4,5 m
  - La altura de la cava será 2,25 m y un terraplén del mismo alto por 1 metro de ancho.
  - Tendrá un talud con pendiente 1:1
  - La laguna será impermeabilizada con una geomembrana de HDPE (polietileno de alta densidad) de espesor 1mm.
  - Se construirá un muro de hormigón ( $f_c=250\text{kg/cm}^2$ ) de 30 cm alrededor de la laguna por una altura de 50 cm que contendrá un canal para el sello hidráulico.
  - Se instalarán pernos de acero inoxidable de  $100 \times 10 \text{ mm}$  cada 30 cm dentro del canal para sujeción de membrana de cubierta, y pernos de  $60 \times 10$  en la pared exterior del muro para sujeción de una cubierta protección de PVC tipo media sombra, antes de fundido el hormigón.
  - La membrana de cubierta será de un material flexible tipo EPDM o AQFlex (ver Anexo V), protegida por una cubierta tipo media sombra de PVC.
  - El digestor contará con 4 agitadores, dos a cada lado, construidos de acero inoxidable, con una potencia de 16,2 kw cada uno. El eje estará apoyado en un trípode al final y un apoyo intermedio de dos patas, soportados por una base de hormigón.
  - El sistema de calefacción a instalar deberá entregar una potencia de 18,4 kW. Las tuberías de PE que intercambiarán el calor necesario dentro del digestor, estarán instaladas sobre soportes acostados en las paredes.
  - La cara de las paredes interiores del digestor será impregnada con un compuesto epóxico Emaco P22 y Masterseal 435.
  - Alrededor del digestor se debe construir un camino de piedra
  - El digestor tendrá dos tuberías de 100 mm para extracción de los lodos mediante 2 bombas de 7kW.

- La carga del sustrato del digestor se realizará por gravedad a través de dos tuberías de 100 mm separadas 3m.
- La descarga de los efluentes se realizará por gravedad mediante dos tuberías de 300 mm separadas 3, hacia el tanque de descarga.
- Las 6 canalizaciones para la captación de biogás atravesarán las paredes del sello hidráulico, el paso de las tuberías se realizará antes de fundir el hormigón, y se rellenará con cemento y un aditivo epóxico para anclajes tipo Concrecive 1430. El diámetro de las tuberías será de 75 mm para la línea principal, 50 mm las dos tuberías laterales, y 25 mm para las bocas de captación. Todas las tuberías se instalarán con una pendiente del 0,5% para puedan drenar las aguas del condensado hacia el interior del digestor.
- En todos los cambios de pendiente de las tuberías se instalará trampas con forma de J, y válvulas de cierre para eliminación de condensados.
- Se instalarán dos válvulas de seguridad, una para evitar presiones negativas y su posible inclusión de aire, y la otra para evitar sobrepresiones mayores a 5 mbar.
- El digestor estará aislado en la zona de contacto con lana de vidrio ya que es un aislante térmico y resistente a la humedad.
- Para el control del proceso se utilizarán sensores de pH con un rango de medición de 0-14, sensor pt100 para control temperatura y sensor Redox.
- Se utilizará un medidor de caudal de biogás con rangos de medición ente 2,5 -250 m<sup>3</sup>/h, no depende de la presión de operación, construido bajo normativa ATEX, y se determinará la composición a través de un analizador de gases bajo normativa ATEX, con los siguientes rangos de medición.

Tabla 18

**Analizador de gases: rangos de medición**

Tipo de gas	Rangos	Medición
Metano	0,0 – 100%	Infrarrojos
Oxígeno	0,0 - 25%	Célula electro química
Sulfuro de hidrógeno	0 - 2000 ppm	Célula electro química
Monóxido de carbono	0 – 500 ppm	Célula electro química

**Nota:** Fuente: Aqua Limpia, 2011.

- **Tanque de descarga**

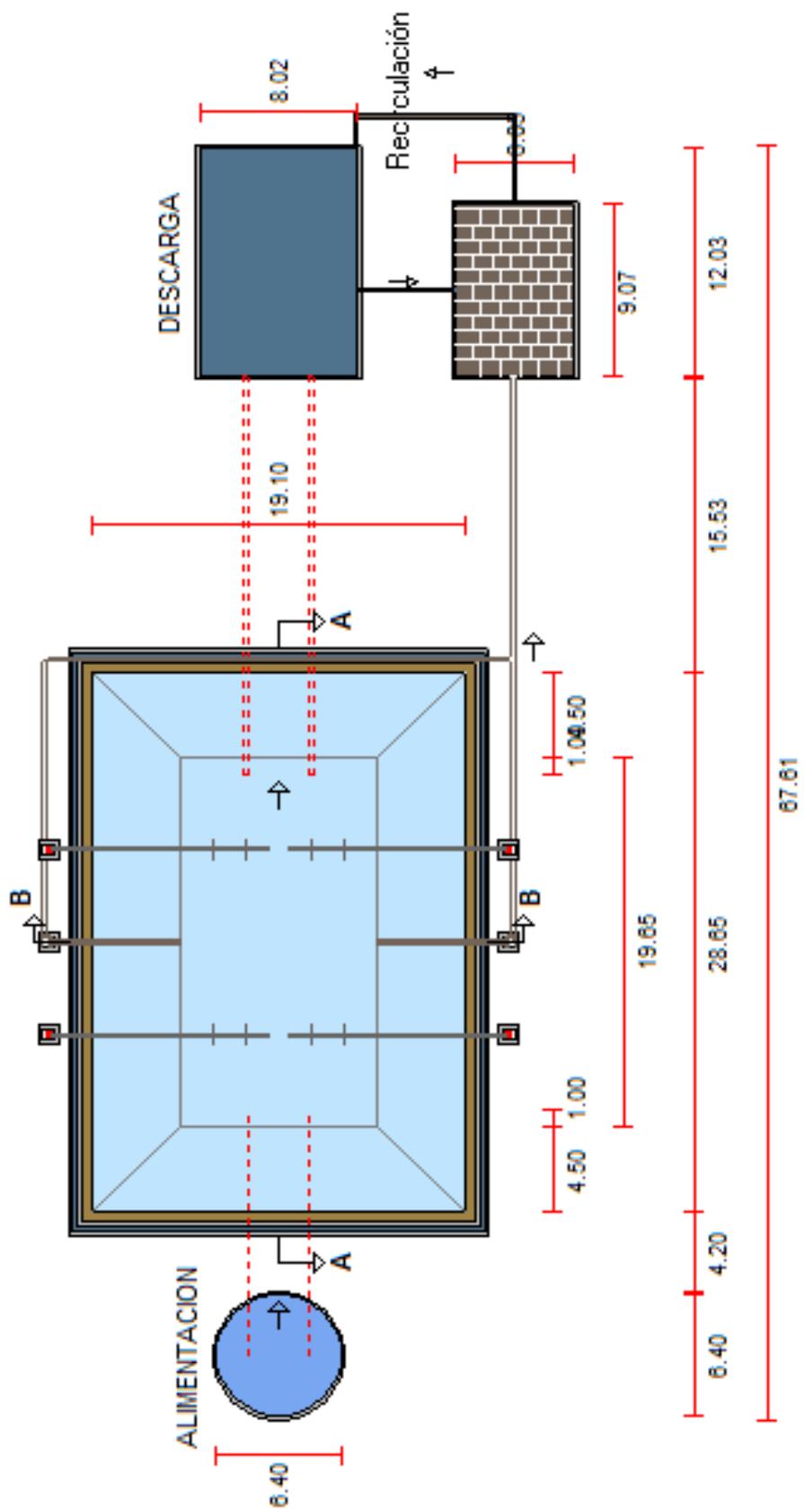
- El volumen del tanque de des carga sera 115,8 m<sup>3</sup> (almacenamiento de efluente de 3 días), con una altura de 1,2 m y una relación largo ancho de 1,5.
- La cava será impermeabilizada con membrana de HDPE.
- Se construirá un pozo de bombeo para la extracción de lodos que se asienten al fondo del tanque.

- **Lecho de secado de lodos**

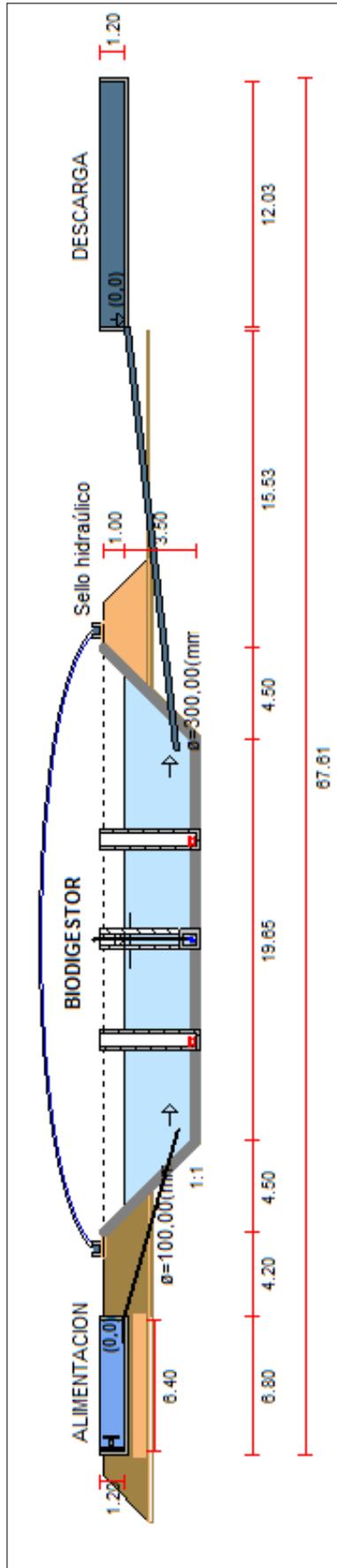
- Tendrá una superficie de secado de 27,44 m<sup>2</sup>, con un largo de 9,07 m y un ancho de 6,05m.
- Las paredes estarán construidas de ladrillos
- Las celdas de secado tendrán un alto de 0,5 m.
- Se construirán 2 celdas de secado con una pequeña rampa para extracción de lodos
- El piso estará compuesto por una capa de grava, una de arena y sobre la esta última ladrillos sobrepuestos.

- Debajo de la primer capa, grava, se colocaran tuberías de drenaje de 100 mm, con una pendiente de 1% para captar los lixiviados.
- Dichos lixiviados son recirculados al tanque de des carga o al imentación mediante una bomba de recirculación de 0,5 kW.

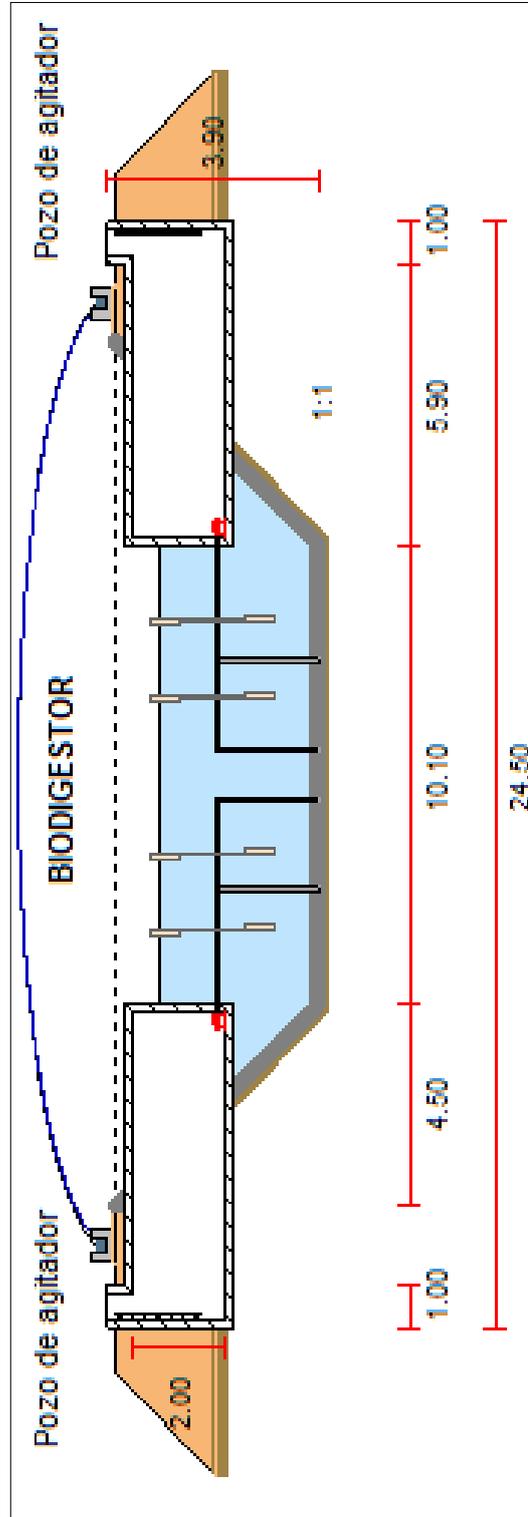
En las siguientes figuras se representa las instalaciones dimensionadas hasta el momento.



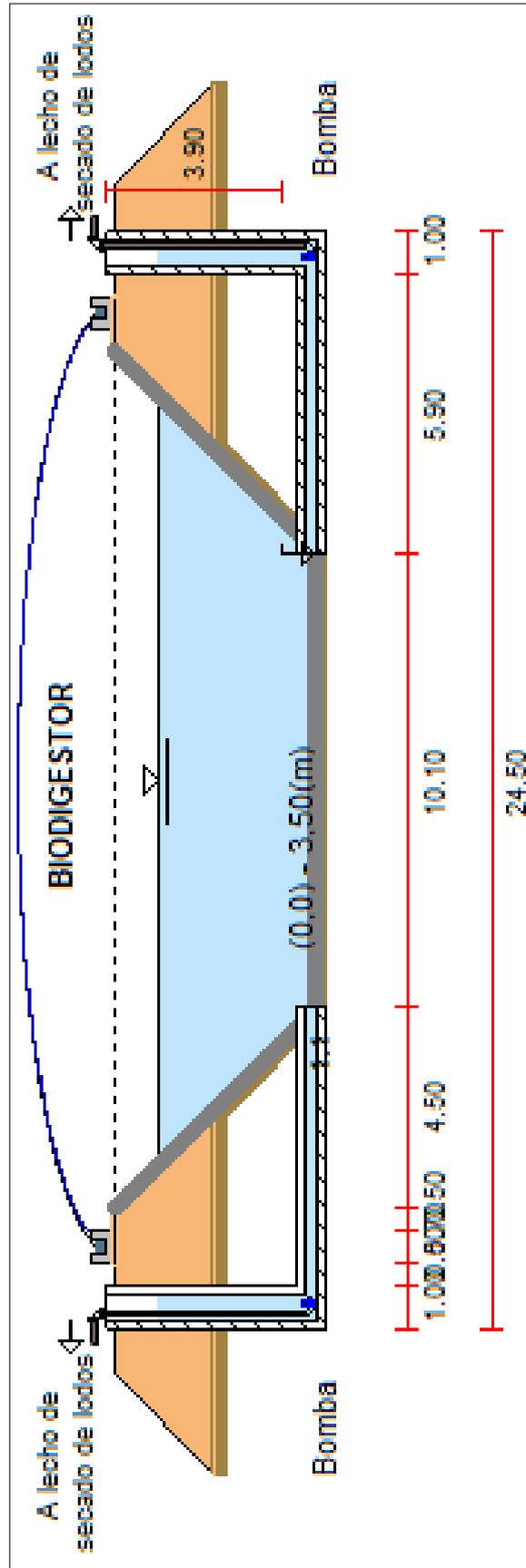
**Figura 42. Esquema de Alimentación y descarga**  
Fuente: Software biodigestor-pro



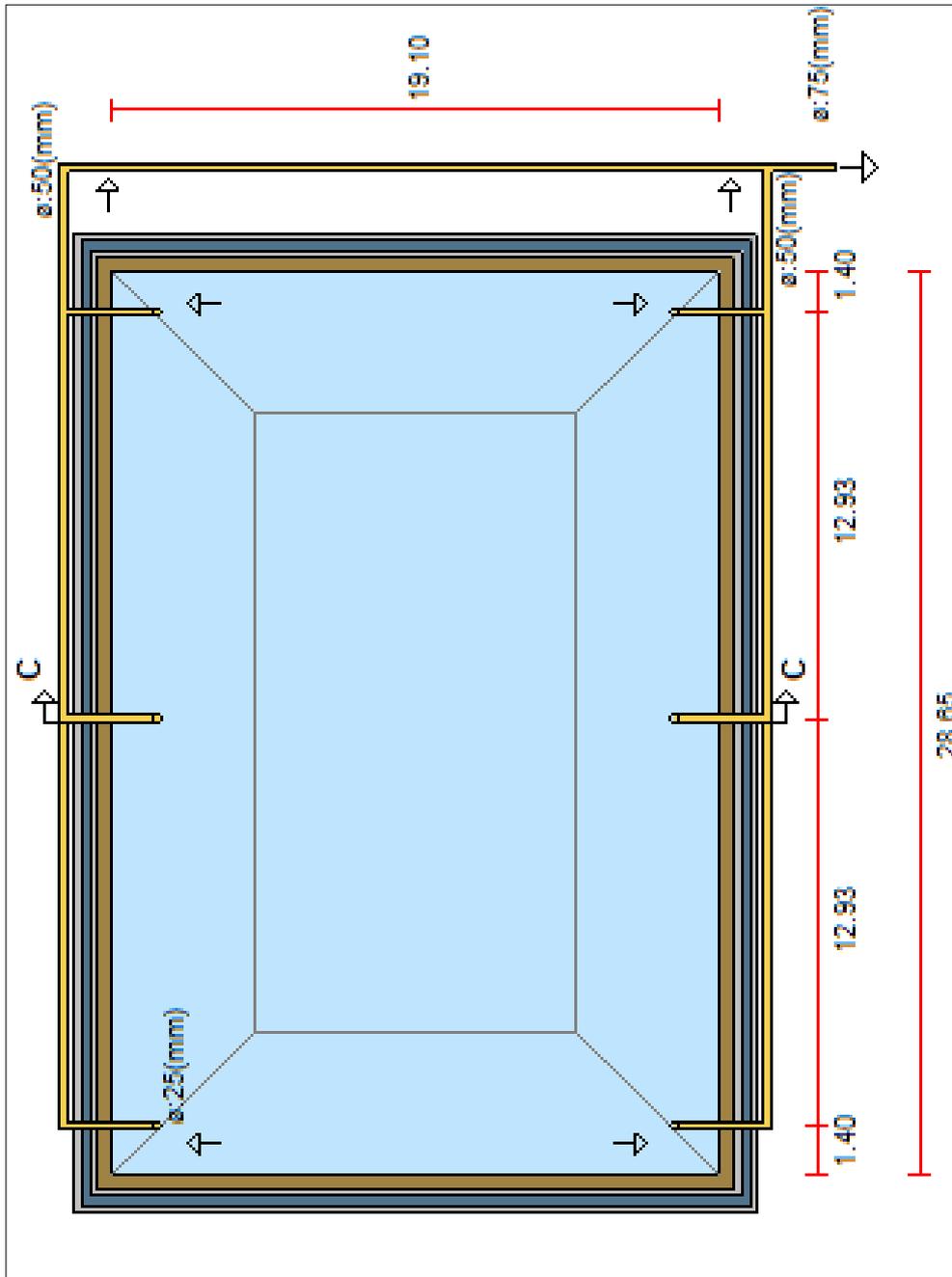
**Figura 43. Corte A-A: Tuberías de alimentación y descarga**  
Fuente: Software biodigestor-pro



**Figura 44. Corte B-B: Sistema de agitación**  
 Fuente: Software biodigestor-pro

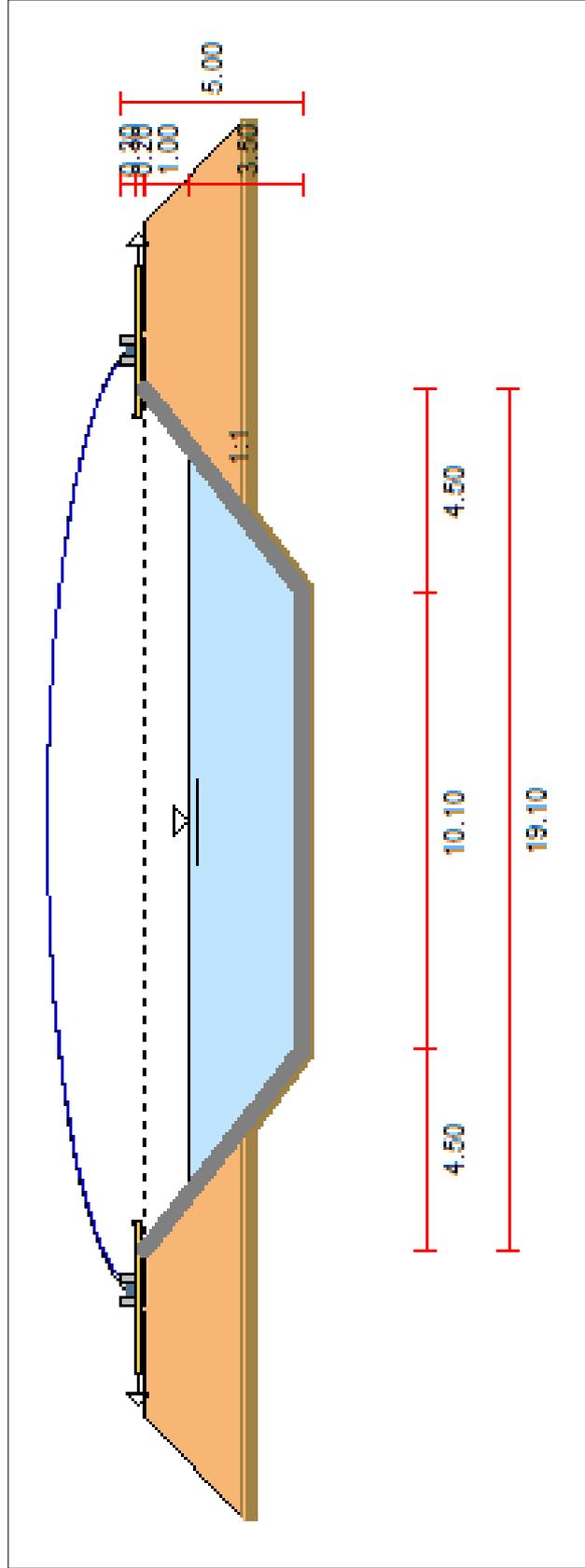


**Figura 45. Descarga de lodos**  
Fuente: Software biodigestor-pro



**Figura 46. Captación de biogás**

Fuente: Software biodigestor-pro



**Figura 47. Corte C-C: Captación de biogás**  
Fuente: Software biodigestor-pro

- Sistema de acondicionamiento de biogás:
  - El filtro de condensados se dimensionó para 32 m<sup>3</sup>/h de biogás, lo cual ocasiona que el H<sub>2</sub>S esté por debajo de las 5 ppm, además de la extracción del agua.
  - El compresor dimensionado elevará la presión del biogás a un rango de 517 a 552 kPa.
- Sistema de cogeneración para energía eléctrica y agua caliente: La turbina que se utilizara para la generación de energía.
  - La cantidad de biogás que puede ser convertido en energía es de alrededor del 85%
  - La eficiencia de la turbina es alrededor del 29%, por lo tanto se producirán 1155, 36 kWh/día.
  - La potencia necesaria para una operación de 20 horas por día es de 58 kW.
  - El soft Biodigestor-pro recomienda instalar un cogenerador 20%
  - La potencia total a instalar es 69 kW.
  - Se instalará un medidor de energía bidireccional.
  - Se utilizará una microturbina Capstone, modelo C65 iCHP con las siguientes características:

Tabla 19

**Microturbina C65-iCHP**

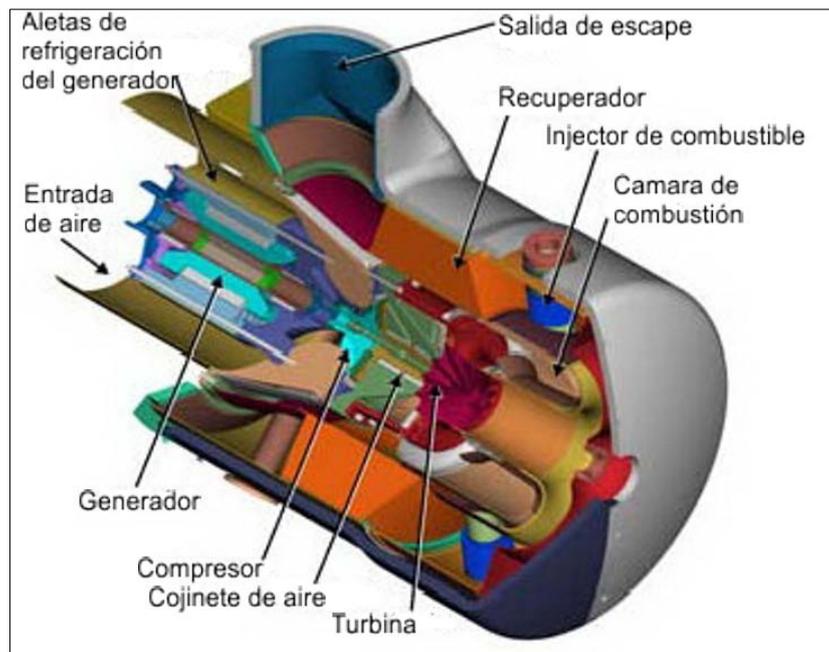
<b>Prestaciones eléctricas</b>	
Potencia neta	65 kW
Tensión	400 a 480 V
Tipo	Trifásica
Frecuencia conectado a red	50/60Hz
Frecuencia en modo aislado	10-60 Hz
Corriente máxima de salida conectado a la red	100 Amp.
Corriente máxima de salida en modo aislado	127 Amp.
Rendimiento eléctrico	29%
<b>Emisiones</b>	
NOx @ 15% O <sub>2</sub>	<5 ppmvd
Caudal de gases de escape	0,49 kg/s
Temperatura de salida de gases	309 °C
<b>Recuperación de calor</b>	
Tipo de modulo de recuperación	Cobre
Calor recuperado en agua caliente	120 kW
<b>Dimensiones y peso</b>	
Ancho x profundidad x alto (mm)	762 x 1956 x 2388
Peso	1364 kg
<b>Nivel de sonido</b>	
Nominal a 10 m	65 dBA
<b>Rendimiento global</b>	<b>82%</b>

**Nota:** Fuente: www.microturbine.com

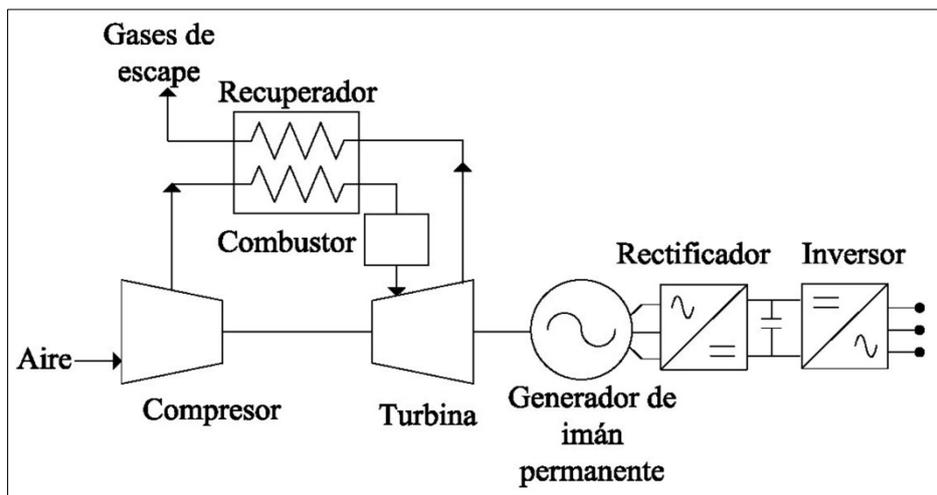
En las siguientes figuras se presenta una fotografía de la turbina, dos esquemas de funcionamiento, uno de la turbina y el otro del conjunto turbina y recuperador de calor



**Figura 48. Microturbina Capstone C65-iCHP**  
Fuente: [www.microturbine.com](http://www.microturbine.com)



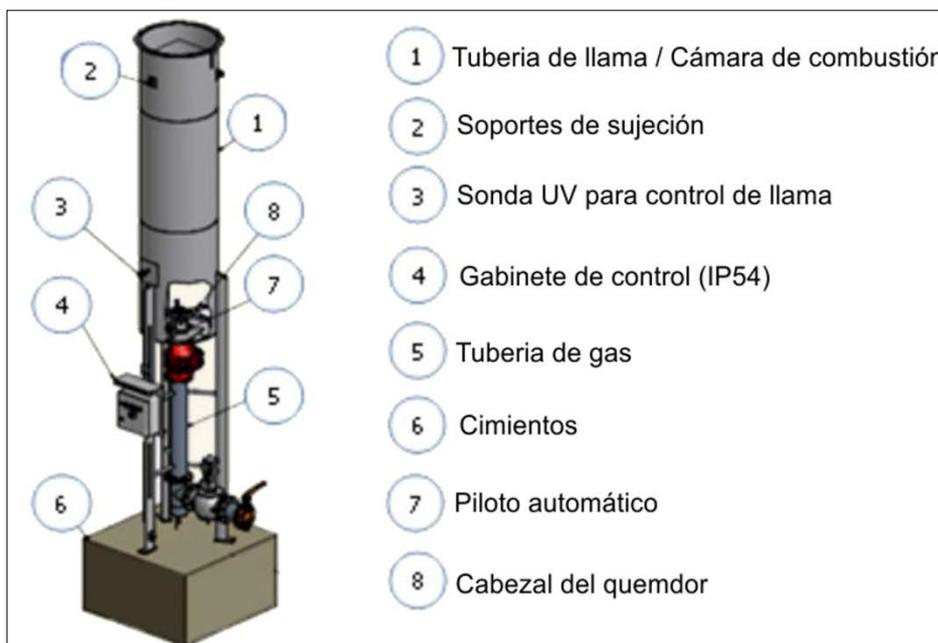
**Figura 49. Esquema interior de microturbinas Capstone**  
Fuente: [www.microturbine.com](http://www.microturbine.com)



**Figura 50. Esquema de funcionamiento de micro turbina con recuperador de calor.**

Fuente: Gonzalez-Longatt, F., Sistemas de generación distribuida: microturbinas, 2008.

- Antorcha para biogás FAI II 50-lp-PS-PB.
  - La antorcha esta dimensionada para quemar 32 m<sup>3</sup>/h de biogás.
  - Combustión de biogás totalmente automatizada.
  - Sistema piloto de encendido.
  - Control de presión.
  - Quemador cerámico.
  - Fabricada de acero inoxidable (AISI 316).
  - La altura de antorcha es de 3840 mm y 397,9 mm de diámetro.
  - Para la instalación, además de requerir un para rayos, debes estar a una distancia de 5 m como mínimo de las edificaciones.



**Figura 51. Antorcha para biogás**  
Fuente: [www.arcis-group.biz/Biogas\\_Torch.htm](http://www.arcis-group.biz/Biogas_Torch.htm)

- Tanque cisterna rodante y bomba estercolera.
  - La cisterna rodante para el traslado del efluente tiene un volumen de 10000 lts, con una bomba estercolera de 1400lts/min.



**Figura 52. Cisterna rodante y bomba estercolera**  
Fuente: [www.agroads.com.ar](http://www.agroads.com.ar)

- Laguna impermeabilizada para plan de contingencia. Esta laguna se construirá con la mismas dimensiones del tanque de descarga a excepción del pozo de extracción de lodos:
  - Volumen: 115,8 m<sup>3</sup> (almacenamiento de efluente de 3 días),
  - Altura de 1,2 m
  - Relación largo ancho de 1,5
  - La laguna se impermeabiliza con membrana de HDPE.

En la siguiente figura se realiza una representación esquemática de toda la planta de biogás. En el anexo I se muestra la planta de biogás y cada una de sus estructuras con sus dimensiones reales.



## 5.4. Estimación de producción de Biogás y Bioabono

### 5.4.1. Biogás

Se representa en la tabla siguiente la estimación de la producción anual de biogás de la planta para la capacidad instalada.

Tabla 20a.

#### Producción de biogás

Periodo (Año)	1	2	3	4	5
Cantidad de vacas	1050	1150	1150	1150	1150
Biogás (m <sup>3</sup> )	279470	306086	306086	306086	306086
Metano (m <sup>3</sup> )	170477	186713	186713	186713	186713

Tabla 20b.

#### Producción de biogás

Periodo (Año)	6	7	8	9	10
Cantidad de vacas	1150	1250	1250	1250	1250
Biogás (m <sup>3</sup> )	306086	332702	332702	332702	332702
Metano (m <sup>3</sup> )	186713	202949	202949	202949	202949

### 5.4.2. Bioabono

La cantidad de bioabono generado anualmente durante el tratamiento de los residuos de tambo se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 21a.

#### Producción de fertilizante

Periodos (Anual)	1	2	3	4	5
Cantidad de vacas	1050	1150	1150	1150	1150
Toneladas de fertilizante	3800	12487	12487	12487	12487

Tabla 21b.

#### Producción de fertilizante

Periodos (Anual)	6	7	8	9	10
Cantidad de vacas	1150	1250	1250	1250	1250
Toneladas de fertilizante	12487	13573	13573	13573	13573

El fertilizante orgánico está compuesto por 0,135% de nitrógeno, 0,075% de Fosforo y 0,65% de potasio.

Considerando la cantidad de hectáreas que fertiliza el productor, 1700 ha, puede estimarse la cantidad de fertilizante por hectáreas ahorrados. El siguiente análisis muestra la estimación

$$\frac{\text{kg de Nitrógeno}}{\text{ha} \times \text{año}} = \frac{0,135\% \times 13000000 \text{ kg/año}}{1700 \text{ ha}} = 10,32 \frac{\text{kg N}}{\text{año} \times \text{ha}}$$

$$\frac{\text{kg de Fósforo}}{\text{ha} \times \text{año}} = \frac{0,075\% \times 13000000 \text{ kg/año}}{1700 \text{ ha}} = 5,73 \frac{\text{kg P}}{\text{año} \times \text{ha}}$$

$$\frac{\text{kg de Potasio}}{\text{ha} \times \text{año}} = \frac{0,065\% \times 13000000 \text{ kg/año}}{1700 \text{ ha}} = 4,97 \frac{\text{kg K}}{\text{año} \times \text{ha}}$$

El productor está empleando como fertilizante 80 Tn/año de Urea y 70 Tn/año de MAP, el equivalente en nitrógeno y fósforo de ambos es el siguiente.

$$\frac{\text{kg de N}}{\text{año}} = \frac{46 \text{ Tn N} \times 100 \text{ Tn urea}}{80 \text{ Tn urea}} + \frac{10 \text{ Tn N} \times 100 \text{ Tn MAP}}{70 \text{ Tn MAP}} = 42,22 \frac{\text{kg N}}{\text{año} \times \text{ha}}$$

$$\frac{\text{kg de P}}{\text{año}} = \frac{48 \text{ Tn P} \times 100 \text{ Tn MAP}}{70 \text{ Tn MAP}} = 40,33 \frac{\text{kg P}}{\text{año} \times \text{ha}}$$

El Ing. Agrónomo Carlos Galarza (2007) expone la necesidad de fertilizar con potasio los cultivos de soja. Si bien los suelos de la región pampeana no requieren potasio, se tomó conocimiento, mediante una entrevista con el Ing. Agrónomo Francisco Arado, sobre existencias de síntomas de falta de potasio en dichos cultivos. Estas manifestaciones se evidencian en las hojas a través de una clorosis en los márgenes y puntas inferiores que avanzan hacia el centro, necrosis, y granos más pequeños, aplastados y deformes.

## 5.5. Conclusión

La digestión anaeróbica es un proceso biológico de degradación de la materia orgánica en un ambiente libre de oxígeno, sensible a los cambios bruscos del ambiente en el cual se desempeña. Por este motivo solicita un riguroso control de las variables que intervienen en el proceso (pH, temperatura, redox, etc.)

La necesidad de aplicar esta tecnología a los efluentes de tambo requiere del diseño de cada una de las estructuras que intervienen en el proceso acorde al volumen de efluente a tratar. Se listan a continuación los componentes de dicha estructura:

- Tanque de alimentación
- Digestor
- Tanque de descarga
- Lecho de secado de lodos
- Sistema de cogeneración de energía eléctrica
- Tuberías de alimentación, descarga y captación de biogás
- Sistema de control de procesos
- Plan de contingencia

La planta de biogás, dimensionada para los residuos que producen un total de 1260 vacas, abarca una superficie de 1950 m<sup>2</sup> aproximadamente, genera alrededor de 500.000 kwh por año, 4 veces más de lo que requiere el productor.

A su vez obtiene una reducción estimada en el uso de fertilizantes comerciales con la obtención del bioabono estabilizado y con baja carga de patógenos, en un 25% en fertilizantes nitrogenados, un 15% en fertilizantes fosforado, y se obtiene un plus de potasio, recomendado por INTA para ser aplicado en los cultivos de soja.

El biogás obtenido se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante la utilización de microturbinas, que hace factible su inyección a red, ya que cuentan con una vinculación inteligente entre el generador y la red (sincronización de parámetros de red, corrientes de cortocircuitos etc.).

Por otro lado se prevé la construcción de un plan de contingencia que posibilita hacer frente a cualquier desperfecto temporal de la planta y a su vez es demandado por las auditorías de impacto ambiental.

SECCION VI  
ANALISIS LEGAL

---

## 6.1. Referencia internacional en la gestión de efluentes de tambo

La característica común de las producciones intensivas es el incremento de producción sostenido en base a la multiplicación y diversificación de los insumos a la unidad productiva (desde alimentos a estimuladores de crecimiento, etc.), junto a la propia modificación de las características de esas unidades productivas por mejoramiento genético, manejo, sanidad, etc.

En todos los casos, además, con distintas pero siempre marcadas modalidades de intervención y regulación estatal, que van desde la canalización de alimento como en Canadá, los sistemas de precios de sostén y la diversidad de subsidios y apoyo técnico a la producción lechera más concentrada en los EEUU, hasta la fortísima interacción entre el conjunto de las actividades del estado y la agroindustria como en el caso de Nueva Zelanda. Estas estructuras, también participan a través de estructuras específicas en toda el área de mejoramientos genéticos, sanidad, etc. y, desde luego, en todo lo concerniente a medioambiente.

La intensificación de la producción de los países nombrados, tiene como soporte un fuerte componente de insumos: forrajes importados a la unidad y producidos en ella, uso intensivo de fertilizantes, aditivos de alimentación, medicinas y promotores de crecimiento. Estas prácticas agrícolas intensivas prolongadas han provocado efectos duraderos en las características de suelos y de aguas subterráneas, así como en cursos de agua. Polución difusa y puntual, y migración de poluentes, llegan a crear situaciones que afectan drásticamente las condiciones de producción y de vida. Estos procesos son particularmente agudos en Europa continental.

En lo que respecta al marco legal, Europa en 1991 agrega a las legislaciones sobre aguas superficiales, de agua potable, calidad de aguas subterráneas y sustancias peligrosas, un marco regulatorio que concierne a la producción agropecuaria y sus efectos sobre aguas superficiales y subterráneas, abarcando tanto a la polución puntual como a polución difusa. Además, cuenta con una normativa para el tratamiento de lodos, su disposición y reciclado como fuentes de nutrientes utilizado para la agricultura (Directivas 91/271/EEC y Directiva 86/278/EEC). EEUU, a través de la Federal Clean Water Act (CWA), cuenta con protección de aguas superficiales. Esta se concentra en las descargas puntuales de plantas industriales y plantas municipales de tratamiento. Además, la Water Quality Association (WQA) regula el control de fuentes no puntuales como complemento de la legislación. Incorpora a la agricultura como fuente no puntual o difusa de polución. La Environmental Protection Agency (EPA) es la institución de alcance nacional responsable del desarrollo, interpretación y aplicación de la WQA.

Los sistemas normativos de Canadá, son paralelos a EEUU, pero con mucha mayor especificidad cubriendo todo el rango de dimensiones de los establecimientos productivos, centrando la acción regulatoria en el empleo de fertilizantes, fitosanitarios y otros aditivos, en donde la lechería está entre las primeras posiciones.

En Australia y Nueva Zelanda cuentan con el marco regulatorio Natural Resources Act. (Ley de Recursos Naturales) en donde, entre otras regulaciones, tiene aplicación al terreno, preservación de cursos de agua, sistemas de tratamiento de descargas, etc.

Estas reglamentaciones hacen foco en la mantención de un proceso balanceado de aporte de nutrientes a la unidad productiva, de manera de limitar la polución difusa y sus efectos sobre aguas superficiales y subterráneas, la limitación y los tratamientos necesarios sobre los productos y compuestos especializados, y sobre los posibles excedentes de nutrientes de generación puntual y vertibles fuera de la unidad productiva.

Entre los métodos utilizados para manejar los problemas producidos por los residuos, son:

- Lagunas de almacenamiento con descargas al terreno. Estos sistemas son utilizados en Europa occidental y EEUU, con la característica particular que es tan

desarrollados para sistemas intensivos, en donde la alimentación es distinta a la de una base pastoril.

- **Lagunas de Tratamiento.** Las lagunas son utilizadas por países como Australia y Nueva Zelanda y en menor medida EEUU.
- **Digestores Anaeróbicos.** El uso más frecuente de estos sistemas se desarrolla en EEUU.

Todos estos sistemas de tratamiento y/o almacenamiento están regulados a través de las normativas respectivas de cada país.

## 6.2. Ejercicio Comercial de la Empresa

La Ley Impositiva N°12.233 de 1999 (Anexo sección VI) autoriza mediante su artículo 15 la adopción de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (C.I.I.U.), Revisión III, del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas. De esta forma, a la par que se sigue una nomenclatura de carácter universal, con una apertura descriptiva que se adecua más a la realidad actual, se tiende a lograr uniformidad con otros órdenes de gobierno con el objetivo de facilitar el intercambio de información así como también se logra una administración del Impuesto sobre los Ingresos Brutos más eficiente.

De acuerdo al Clasificador Nacional de Actividades Económicas -CLANAE 2010- (Anexo sección VI) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, la actividad de las Empresas de la familia Mico, se encuentra tabulada de acuerdo a la rama de la actividad económica respectiva:

❖ **Categoría A - AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA-**  
“Esta categoría comprende la utilización de tierras para cultivar diversas especies vegetales y criar animales con la finalidad de producir alimentos y materias primas, así como también los servicios prestados por terceros a las explotaciones agrícolas, **ganaderas** y forestales. ....”

❖ **01 - AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SERVICIOS DE APOYO**

❖ **01.4 Cría de animales**

**Recría:** actividad ganadera cuyo objetivo principal es el aumento de peso de los animales recién destetados antes de ser incorporados a la actividad de invernada propiamente dicha, u otros destinos como por ejemplo: la faena, la reposición del plantel de hembras, **el tambo** y para reproducción.

❖ **01.46 Producción de leche**

❖ **01.461 Producción de leche bovina**

**Tambo:** actividad ganadera cuyo objetivo principal es la producción de leche, utilizando para ello razas especializadas.

**Incluye:** La producción y acondicionamiento - enfriado u otros procesos -, realizados en la explotación agropecuaria o tambo de leche bovina destinada al consumo directo o a la elaboración de productos lácteos.

Tabla 22

**Categorización de la industria, Clasificador Nacional de Actividades Económicas**

<b>Categoría</b>	<b>División</b>	
<b>A</b>	<b>01</b>	<b>AGRICULTURA, GANADERIA, CAZA Y SERVICIOS DE APOYO</b>
	<b>01.46</b>	<b>Producción de leche</b>
	<b>01.461</b>	<b>Producción de leche bovina</b>

**Nota:** Fuente: INDEC, 2010.

- Las empresas se encuentran inscriptas en el Registro Público de Comercio de la ciudad de Trenque Lauquen como sociedad de responsabilidad limitada bajo la denominación de “Los baguales SRL y “Héctor Micheo SRL”.
- Se encuentra inscripta en la *Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA)*, como **Productor abastecedor lechero** dado que intervienen en la actividad de las cadenas comerciales agropecuarias y alimentarias. Se entiende por productor abastecedor lechero a quien siendo productor tambero, provea leche cruda producida exclusivamente en su establecimiento a un establecimiento elaborador propiedad de otra persona física o jurídica para que la industrialice por cuenta y orden del productor tambero.
- Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (Renspa): este mecanismo fue creado para la obtención de información acerca de productores agropecuarios en el año 1997, en una instancia en que Argentina era reconocida internacionalmente como “país libre de fiebre aftosa sin vacunación”. A partir de la epidemia de los años 2000 y 2001 se reinicia la vacunación y este registro se consolida como el pilar fundamental en el sistema de información sanitaria de la institución. Las bases de datos del Renspa son aquellas sobre las que se estructura el control de las acciones sanitarias, el registro de los movimientos de hacienda y el seguimiento epidemiológico.

### **6.3. Reglamentación a Nivel Nacional y Provincial**

#### **6.3.1. Aspecto Legal referido a la Jurisdicción Nacional**

La normativa ambiental en la Argentina establece que son las provincias las que deben regular las cuestiones medioambientales. Si bien la nación puede dictar normas generales, deja que las provincias regulen en cada medio específico (agua, aire, suelo). El marco legal para la actividad de las Empresas de la Flía. Micheo y el respectivo tratamiento y disposición final de los efluentes está dado por las siguientes leyes nacionales:

- Ley N° 25.612. Presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios. Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicios que sean generados en todo el territorio nacional. Establece como objetivos, la minimización de los riesgos potenciales de los residuos, la reducción de la cantidad de los mismos, la promoción de tecnologías limpias y la cesación de vertidos riesgosos para el ambiente. Además, fija parámetros a tener en cuenta para determinar los niveles de riesgo, también las condiciones mínimas para las plantas de

tratamiento, almacenamiento y disposición final, así como la obligatoriedad de presentación de un estudio de impacto ambiental para dichas plantas.

- Ley N° 25.688. Presupuestos mínimos ambientales para la gestión ambiental de aguas. Esta ley establece los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso sustentable. Entiende por utilización de las aguas: la toma y desviación, estancamiento, modificación en el flujo o profundización de las aguas superficiales; la toma de sustancias sólidas o en disolución siempre que tal acción afecte el estado o calidad de las mismas o su escurrimiento, al igual que el vertido de sustancias que generen la misma acción; la colocación e introducción de sustancias en aguas costeras desde tierra firme o que hayan sido transportadas a aguas costeras para ser depositadas en ellas; la colocación o introducción de sustancias en aguas subterráneas así como la toma, elevación y conducción a tierra firme de estas últimas entre otras acciones; el provocar modificaciones permanentes o en medida significativa en las propiedades físicas, químicas o biológicas y la modificación artificial de la fase atmosférica del ciclo hidrológico.

- Ley N° 25.675. Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente. Establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Dentro de los objetivos se citan la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales; el mejoramiento de la calidad de vida para las generaciones presentes y futuras; el uso racional y sustentable de los recursos; el fomento a la participación social; el mantenimiento de los sistemas ecológicos y la conservación de la diversidad biológica; la prevención de los efectos nocivos de las actividades antrópicas; la recomposición del daño ambiental y el establecimiento de un sistema federal de coordinación. Además, dedica varios artículos al concepto de daño ambiental y determina las responsabilidades por la generación del mismo.

- Ley 26.093. Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Esta ley define los biocombustibles y habilita a las plantas productoras, agrega los beneficios de las mismas como también las infracciones y sanciones.

- Ley 26.190. Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Esta Ley declara el interés nacional por la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. En el Art. 9° menciona los beneficios promocionales que se pueden obtener de los emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía a saber:

- 1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias.

- 2.- Los bienes afectados por las actividades promovidas por la presente ley, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta.

En el Art. 14. La Secretaría de Energía de la Nación conformará el FONDO

FIDUCIARIO DE ENERGIAS RENOVABLES, que será administrado y asignado por el Consejo Federal de la Energía Eléctrica y se destinará a:

Remunerar en hasta UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) efectivamente generados por sistemas de energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, a instalarse que

vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos.

Decreto 562/2009. Reglamenta la Ley N° 26.190 y establece en su Art. 9°.- A los efectos del Artículo 9° de la Ley N° 26.190, las siguientes disposiciones:

a) La obtención a los titulares de proyectos aprobados en el marco de las disposiciones de dicha Ley, la obtención de la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA), correspondiente a los bienes nuevos amortizables —excepto automóviles— incluidos en el proyecto, o alternativamente practicar en el Impuesto a las Ganancias la amortización acelerada de los mismos, no pudiendo acceder a los DOS (2) tratamientos por un mismo proyecto.

### **6.3.2. Aspecto Legal referido a la Jurisdicción Provincial**

El proceso de habilitación, instalación y actividad industrial de la Empresa se encuentra enmarcado por las siguientes leyes y resoluciones provinciales:

- **LEY N° 5.965/93. Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera**

Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y de la atmósfera. Es objeto de esta ley que toda repartición del Estado, entidad pública o privada que pueda generar efluentes líquidos, sólidos o gaseosos que afecten a un cuerpo receptor, sea éste agua o aire, deba previamente aprobar las instalaciones y la calidad de emisión de efluentes.

- **LEY N° 11.459/93. Radicación industrial**

Esta ley refiere a la aplicación de todas las industrias instaladas dentro de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires, define el establecimiento industrial y especifica el requisito obligatorio indispensable de Certificado de Aptitud Ambiental, atribuciones legales de las autoridades municipales para su concesión.

*....El Certificado de Aptitud Ambiental será otorgado por la Autoridad de Aplicación en los casos de establecimientos calificados de tercera categoría según el artículo 15°, mientras que para los que sean calificados de primera y segunda categoría será otorgado por el propio Municipio.*

Los Trámites, expedición y validez de certificados se presentan en el anexo de Legislación Provincial.

- **LEY N° 11.720/95. Residuos especiales.**

Generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales. Establece disposiciones para la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales definidos en la misma. Tiene como fines la reducción, minimización de riesgos y la promoción de tecnologías más adecuadas ambientalmente. A su vez, establece pautas para la instalación de plantas de almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Y 18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales
------	---

**Figura 54. Residuos especiales, anexo I**

Fuente: [www.opds.gba.gov.ar](http://www.opds.gba.gov.ar)

Clase de Naciones Unidas	N° de Código	Características
9	H 11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos o de penetrar en la piel pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis
9	H 13	Sustancias que pueden por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.-

**Figura 55. Residuos especiales, anexo II**

Fuente: [www.opds.gba.gov.ar](http://www.opds.gba.gov.ar)

- **Resolución N° 37/96:** Tratamiento de Residuos Especiales in situ por industrias: inscripción de los Generadores y Operadores responsables de la generación, transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos especiales.

- **Decreto N° 806/97- Marco regulatorio para tratadores in situ**

Refiere a que la Autoridad de Aplicación arbitrará los medios para:

Incentivar a aquellas empresas generadoras de residuos especiales que los manipulen conforme a las disposiciones de la Ley N° 11.720, y que posean una política de minimización y gestión ambiental con un nivel de calidad que surja de los procedimientos que fije la Autoridad de Aplicación para tal fin. En su artículo 15º: *Para el caso de los tratadores "in situ deberán en cada caso particular, justificar las técnicas pertinentes y declarar a la Autoridad de Aplicación la tecnología a utilizar para cada caso."*

“...Los generadores que efectúen el tratamiento de los residuos especiales dentro de su establecimiento, no serán considerados como operadores a los efectos de su registro y pago de tasa, pero deberán incluir en su declaración jurada de registro de generadores los datos complementarios sobre el tratamiento y control de residuos que surgen de la declaración jurada de operadores....”

- **LEY N° 11.723/95. Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.** Protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general. Esta ley tiene por objeto la protección del ambiente en general y de sus recursos en especial, promoviendo a través de una política ambiental la restauración del mismo, la planificación y el ordenamiento ambiental, y la obligatoriedad de evaluación de impacto para todas aquellas obras o acciones que puedan producir efectos negativos al ambiente.
- Resolución N° 336/2003. Normas para el vertido de efluentes líquidos.

Establece los parámetros de calidad de las descargas límites admisibles a red colectora, cuerpo de agua, absorción por el suelo y al mar abierto, y establece las industrias cuyos efluentes no deben disponerse en pozos absorbentes.

Tabla 23  
**Concentraciones de parámetros de efluentes**

DQO (mg/l)	25 000 – 120 000
DBO5 (mg/l)	8 000 – 40 000
Nitrógeno Total (mg/l)	2 500 - 10 000
Fósforo - P2 O5- (mg/l)	2 000 – 9 000
Sólidos Totales (mg/l)	30 000 - 200 000

**Nota:** Fuente: [www.opds.gba.gov.ar](http://www.opds.gba.gov.ar)

Tabla 24  
**Parámetros de vertido de la Provincia de Buenos Aires**

Parámetro	Curso de Agua Río ó Arroyo	Riego o Absorción Suelo
DBO (5d;20°C)	Máx. 50 mg/l	Máx. 200 mg/l
DQO	Máx. 250 mg/l	Máx. 500 mg/l
Sólidos Sedim 10 min	Ausentes	Ausentes
Sólidos Sedim 2 hs	Max.1 ml/l	Max. 5 ml/l
Sulfuros	Max.1,0	Max. 5,0
Coliformes fecales	Max. 2000 NMP/100 ml (Cloro libre: Max. 0,5 mg/l)	Max. 2000 NMP/100 ml Cloro libre: ausente

**Nota:** Fuente: [www.opds.gba.gov.ar](http://www.opds.gba.gov.ar)

- **Resolución N° 18/96. Tratamiento de residuos orgánicos por biodegradación.**

Normaliza los procedimientos técnicos administrativos para la habilitación de los centros de tratamiento de residuos orgánicos por biodegradación, natural o asistida, en suelo o bioceldas. Define por tratamiento de residuos orgánicos por biodegradación al conjunto de técnicas, procedimientos de laboreo agrícola, inoculación de cepas, utilización de bioceldas y/o biorreactores, tendientes a producir la degradación, natural o asistida, y la síntesis de compuestos orgánicos por acción biológica. Establece que los establecimientos de tratamiento sean considerados como establecimientos industriales de 3° categoría y que deberán cumplir con lo que establezca la ley de residuos especiales.

- **Ley N° 12.603. Producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovable.**

Además de declarar que es de interés la generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes de energía renovable o alternativas o no convencionales, se establece la incorporación de la misma al mercado eléctrico con más todos los beneficios para aquellos que la generen o produzcan, entre los que se pueden mencionar compensaciones tarifarias, exención del impuesto inmobiliario y promoción industrial.

Cabe señalar que en la Argentina, el tema medioambiental es de competencia provincial, en ejercicio de la cual distintos gobiernos provinciales han desarrollado legislaciones y procedimientos locales que regulan la evaluación de impacto ambiental.

### **6.3.3. Habilitaciones de carácter ambiental**

- *Proceso de habilitación reglamentaria (síntesis).*

El proceso de habilitación comercial reglamentaria de la Empresa debe cumplir con las siguientes gestiones en la Municipalidad de Trenque Lauquen:

1. Solicitud del **Certificado de Radicación** a la Secretaría de Obras Privadas.
2. Solicitud de la **Pre-categorización** a la Secretaría de Desarrollo Económico que articula con el Departamento de Medio Ambiente. Para la misma se presenta la información requerida por el Organismo Provincial (OPDS) dado que en el caso del Municipio de Trenque Lauquen no se realiza la tarea de Fiscalización, sólo la de control y elevación de documentación pertinente.

- *Habilitación Provincial, Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)*

**Obtención del Certificado de Aptitud Ambiental primigenio:** Es la certificación emitida por la Autoridad de Aplicación que acredita la aptitud ambiental de emprendimientos industriales radicados o a radicarse en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires.

Es un requisito obligatorio indispensable para la obtención de la habilitación industrial municipal.

El documento técnico (Estudio de Impacto Ambiental), debe ser elaborado por profesionales o técnicos debidamente habilitados en el Registro de Profesionales de la Secretaría de Política Ambiental (SPA), y la presentación del mismo debe ser realizada ante la Mesa General de Entradas de dicha Secretaría en la ciudad de La Plata, Provincia

de Buenos Aires, previo a ello el establecimiento debe haber sido clasificado en la 2ª categoría dada la actividad industrial de la Empresa en cuestión (Pre-categorización Municipal). La documentación necesaria puede leerse en el Anexo Legal.

➤ *Inscripción en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de residuos peligrosos de acuerdo a la Ley N° 24.051.*

La Empresa debe realizar la inscripción de acuerdo a la Ley N° 24.051 en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de residuos peligrosos.

El trámite consiste en la presentación de la Declaración Jurada en formato digital para la apertura del expediente como Generador, Operador o Transportista de Residuos Peligrosos, y la posterior obtención del Certificado Ambiental Anual. Los trámites de inscripción pueden leerse en el Anexo Legal.

#### **6.4. Conclusión**

Queda por lo tanto establecido para la Empresa:

- Que desarrolla su actividad industrial enmarcada en la ley 17499
- Que deberá cumplimentar con los requisitos obligatorios ante las autoridades Municipales, Provinciales y Nacionales según corresponda (DDJJ, C.A.A, E.I.A, etc.)
- Que dada la característica de la actividad industrial con generación de efluentes de tambos, le confiere el carácter de “*Generador de residuos especiales*”(LEY N° 11720)
- Que en cuanto a los residuos sólidos, estos poseen características especiales, como el escaso contenido de agua (hecho que le da la posibilidad de ser apilable en suelo o contenedores), contenido importante de nitrógeno y fósforo; y presencia de microorganismos patógenos, cualidad que le confiere al residuo la categoría de “**Especial**” en la provincia de Buenos Aires, pudiendo ser clasificado como H11 (Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos o de penetrar en la piel pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinógena) o H13 (Sustancias que pueden por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas)
- Que en la ley nacional de Residuos Peligrosos (Ley N° 24.051 y su decreto reglamentario N°831) se los puede incluir dentro de la categoría “**sustancias infecciosas**” (sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre) Es por este motivo que el residuo debe ser tratado antes de su disposición final.
- Que debido a los requerimientos y compromiso de la Empresa, esta pretende darle tratamiento in situ adecuado a sus residuos (Decreto N° 806/97)
- Que para la aplicación de la nueva tecnología de tratamiento de los efluentes debe realizar la inscripción en el Registro Provincial de Tecnologías
- Que deberá abonar una tasa especial en concepto de la fiscalización, habilitación y renovación (LEY N° 11.720)
- Que deberá llevar un registro de operaciones y que el hecho de que tratamiento en el establecimiento, la exime del registro de operador y pago correspondiente a dicho registro.
- Que la Empresa tiene 2 explotaciones tamberas y confluirá el efluente para su tratamiento a una de ellas, por lo tanto requerirá del transporte de los mismos hasta el lugar de procesamiento. Esto implica presentar los requerimientos de la Ley para el transportista de residuos especiales.

- Que por dichas circunstancias deberá presentar anualmente una Auditoría Ambiental (Decreto N°1741/96, Ley N° 11.459) que deberá acompañar con la Evaluación de Impacto Ambiental prevista por la Ley N° 11.723.
- Que deberá disponer finalmente de los residuos según los parámetros de la Norma de vertido de efluentes líquidos para cuerpo de agua y suelo.
- Que el productor podrá beneficiarse con la obtención del UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) generado del Fondo Fiduciario de Energías Renovables.
- Que el productor con este tipo de tratamiento y la generación de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes renovables, podrá obtener beneficios impositivos, para este proyecto se considerará la amortización acelerada del impuesto a las ganancias

SECCION VII  
ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

---

## 7.1. Selección del diseño del biodigestor

Para la selección del diseño de biodigestor se realizaron las siguientes acciones:

- Análisis comparativo de diferentes diseños con la aplicación del software Biodigestor Pro 4.0
- Consulta a profesionales referentes en el tema de la empresa ARCIS Group representantes en Argentina de Aqua Limpia.
- Consulta de bibliografía de aplicaciones de digestores para América Latina (Moncayo Romero, 2011)

Tabla 25

### Costo de inversión de biodigestores

		Tipo de Biodigestor		
		Sobre tierra de hormigón	Bajo tierra de hormigón	Bajo tierra de membrana
Costo de Inversión		\$ 368.382	\$ 289.352	\$ 198.557

## 7.2. Costo de inversión de planta de biogás

Tabla 26  
Costo de inversión de planta de biogás.

<b>Costo de planta de biogás</b>		
<b>Activos Tangibles</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>
Digestores	1	\$ 129.057,28
Tanque de alimentación	1	\$ 17.740,00
Tanque de descarga	1	\$ 9.050,00
Lecho de secado de lodos	1	\$ 2.346,00
Equipo electromecánico		\$ 87.500,00
Turbina+Rec. calor + Compresor + Filtro	1	\$ 440.000,00
Antorcha acero encendido automático	1	\$ 29.351,43
Cisterna rodante y bomba estercolera	1	\$ 51.500,00
<b>Activos intangibles</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>
Gastos organización: -Dir. y coordinación de obra -Sistemas de información -Gastos de Gestión	9%	\$ 64.354,02
Gastos de puesta en marcha: -Montaje -Capacitación y entrenamiento -Ensayos y pruebas	3%	\$ 21.451,34
Gastos Legales: -Informe técnico EIA -Auditoría ambiental -Declaración Jurada	-	\$ 15.981,00
<b>Capital de trabajo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>
Sueldo de personal		\$ 7.400,00
<b>Imprevistos</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo</b>
Imprevistos	1%	\$ 8.683,31
<b>Inversión Inicial</b>		<b>\$ 884.414,38</b>

Los porcentajes asignados en la tabla son recomendados por software Biodegestor-Pro 4.0 y/o confirmados por el representante en Argentina (ARCIS Group).

### 7.3. Costo de anual de operación y mantenimiento

Tabla 27  
Costo de anual de operación y mantenimiento.

		Costo Anual de operación y mantenimiento									
	Oper. y mant anual (%)	1 <sup>A</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Digestores	3%	\$ 1.290,6	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7	\$ 3.871,7
Tanque de Alimentación	3%	\$ 177,4	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2	\$ 532,2
Tanque de descarga	3%	\$ 90,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5	\$ 271,5
Lecho de secado de Iodos	3%	\$ 23,5	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4	\$ 70,4
Equipo electromecánico	6%	\$ 1.750,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0	\$ 5.250,0
Turbina + Compresor + Filtro de biogás	3%	\$ 4.400,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0	\$ 13.200,0
Coefficiente de corrección	9,6%	\$ 318,2	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7	\$ 954,7
Antorcha acero encendido automático	5%	\$ 489,2	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6	\$ 1.467,6
Cisterna rodante y bomba estercolera	3%	\$ 515,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0	\$ 1.545,0
Costos de transporte de MP	-	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4	\$ 4.626,4
Costo de MO	-	\$ 29.600,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0	\$ 88.800,0
Seguros	2%	\$ 5.896,1	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3	\$ 17.688,3
<b>Costos anual de operación y mantenimiento</b>		<b>\$ 49.176,8</b>	<b>\$ 138.277,7</b>								

A- 6 meses de construcción y 2 de puesta en marcha

Los porcentajes de operación y mantenimiento son recomendados por software Biodegestor-Pro 4.0 y/o confirmados por el representante en Argentina (ARCIS Group).

#### 7.4. Costo anual de transporte.

Tabla 28  
Costo anual de transporte.

Costo anual de transporte		
	Unidad	Cantidad
Combustible	Lts/Km	0,3125
Distancia	km	8
Precio Gasoil	\$/lts	5,07
Días	-	365
<b>Costo anual de transporte de MP</b>		<b>\$ 4.626,38</b>

#### 7.5. Costo anual de mano de obra.

Tabla 29  
Costo anual de mano de obra.

Costo anual de mano de obra				
	Sueldo	% cargas sociales	Cantidad	Total mensual
MOD	\$ 5.000,00	48%	1	7400
<b>Costo anual de MO</b>			<b>\$</b>	<b>88.800,00</b>

## 7.6. Costo anual de depreciación.

Tabla 30  
Costo anual de depreciación.

Costo anual de depreciación					
	% deprec.	1 <sup>A</sup>	2	3	4
Digestores	33%	\$ 14.339,70	\$ 43.019,09	\$ 43.019,09	\$ 28.679,40
Tanque de Alimentación	33%	\$ 1.971,11	\$ 5.913,33	\$ 5.913,33	\$ 3.942,22
Tanque de descarga	33%	\$ 1.005,56	\$ 3.016,67	\$ 3.016,67	\$ 2.011,11
Lecho de secado de lodos	33%	\$ 260,67	\$ 782,00	\$ 782,00	\$ 521,33
Equipo electromecánico	33%	\$ 9.722,22	\$ 29.166,67	\$ 29.166,67	\$ 19.444,44
Turbina + Compresor + Filtro de biogas	33%	\$ 48.888,89	\$ 146.666,67	\$ 146.666,67	\$ 97.777,78
Antorcha acero encendido automático	33%	\$ 3.261,27	\$ 9.783,81	\$ 9.783,81	\$ 6.522,54
Cisterna rodante y bomba estercolera	33%	\$ 5.665,00	\$ 16.995,00	\$ 16.995,00	\$ 11.845,00
<b>Costos anual por depreciación</b>		<b>\$ 85.114,41</b>	<b>\$ 255.343,24</b>	<b>\$ 255.343,24</b>	<b>\$ 170.743,82</b>

A- 6 meses de construcción y 2 de puesta en marcha

El régimen de depreciaciones se realizó en base al Decreto 562/2009, que aprueba la reglamentación de la Ley N° 26.190 relacionada al Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía, destinada a la producción de energía eléctrica.

El presente proyecto se encuentra dentro del ámbito de aplicación de acuerdo al artículo 3°, y las disposiciones descriptas en el artículo 9° establecen el beneficio utilizado en el cálculo de amortización y/o depreciación.

Dicho cálculo corresponde a la amortización acelerada del Impuesto a Las Ganancias establecido bajo la siguiente forma:

1. Para inversiones realizadas durante los primeros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha de aprobación del proyecto:

1.1. En bienes muebles amortizables —excepto automóviles— adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en TRES (3) cuotas anuales iguales y consecutivas.

Este sistema se traduce en un beneficio durante los primeros 3 años de inicio del proyecto que dadas las características del mismo se extiende hasta el 4° período debido a los 6 meses de gracias concedidos por la entidad financiera.

### 7.7. Amortización de activos intangibles.

Tabla 31  
Amortización de activos intangibles.

Amortización de activos intangibles					
	% amort.	1 <sup>A</sup>	2	3	4
Gastos organización	33%	\$ 7.150,45	\$ 21.451,34	\$ 21.451,34	\$ 28.601,79
Gastos legales	33%	\$ 1.775,67	\$ 5.327,00	\$ 5.327,00	\$ 7.102,67
Gastos de puesta en marcha	33%	\$ 2.383,48	\$ 7.150,45	\$ 7.150,45	\$ 9.533,93
<b>Total Amortización de activos intangibles</b>		<b>\$ 11.309,60</b>	<b>\$ 33.928,79</b>	<b>\$ 33.928,79</b>	<b>\$ 45.238,38</b>

El régimen de amortizaciones se realizó en base al Decreto 562/2009, Aprueba la reglamentación de la Ley N° 26.190 relacionada al Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.

El presente proyecto se encuentra dentro del ámbito de aplicación de acuerdo al artículo 3° y las disposiciones descriptas en el artículo 9° establecen el beneficio utilizado en el cálculo de amortización.

Dicho cálculo corresponde a la amortización acelerada del IMPUESTO A LAS GANANCIAS establecido bajo la siguiente forma:

1. Para inversiones realizadas durante los primeros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha de aprobación del proyecto:

1.1. En bienes muebles amortizables —excepto automóviles— adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en TRES (3) cuotas anuales iguales y consecutivas.

Este sistema se traduce en un beneficio durante los primeros 3 años de inicio del proyecto que dadas las características del mismo se extiende hasta el 4° período debido a los 6 meses de gracias concedidos por la entidad financiera.

### 7.8. Mercado Eléctrico Mayorista.

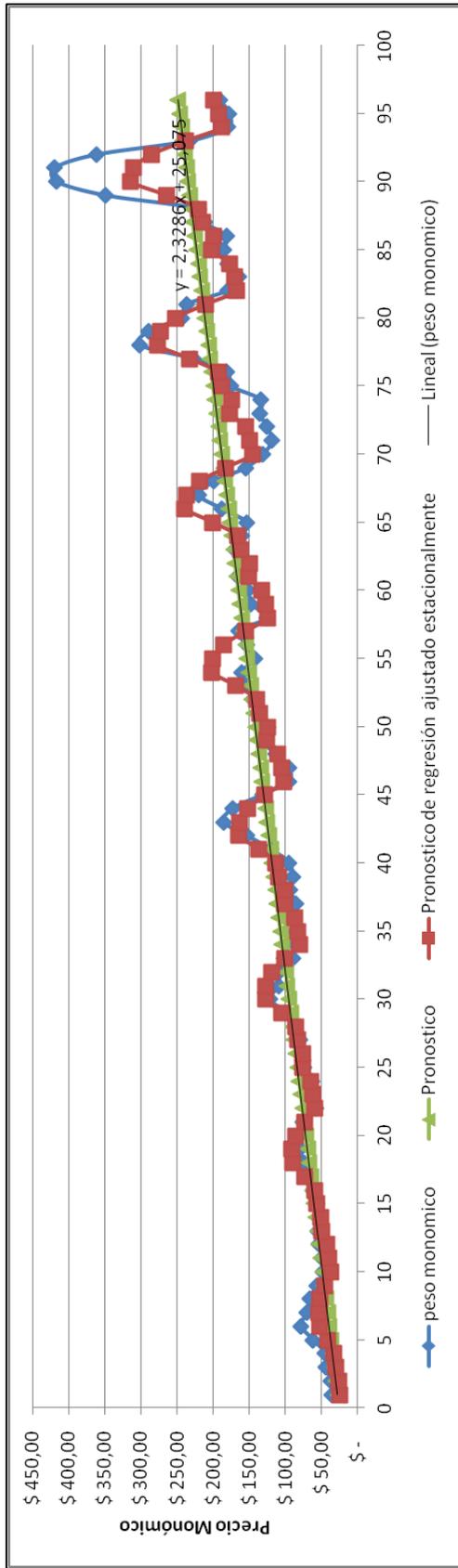
El precio medio de la energía se obtuvo de un análisis de tendencia y de estacionalidad en base a los datos obtenidos de la Comisión Nacional de Energía Atómica. (Ver Anexo 3)

Tabla 32

#### Síntesis de Mercado Eléctrico Mayorista-CNEA.

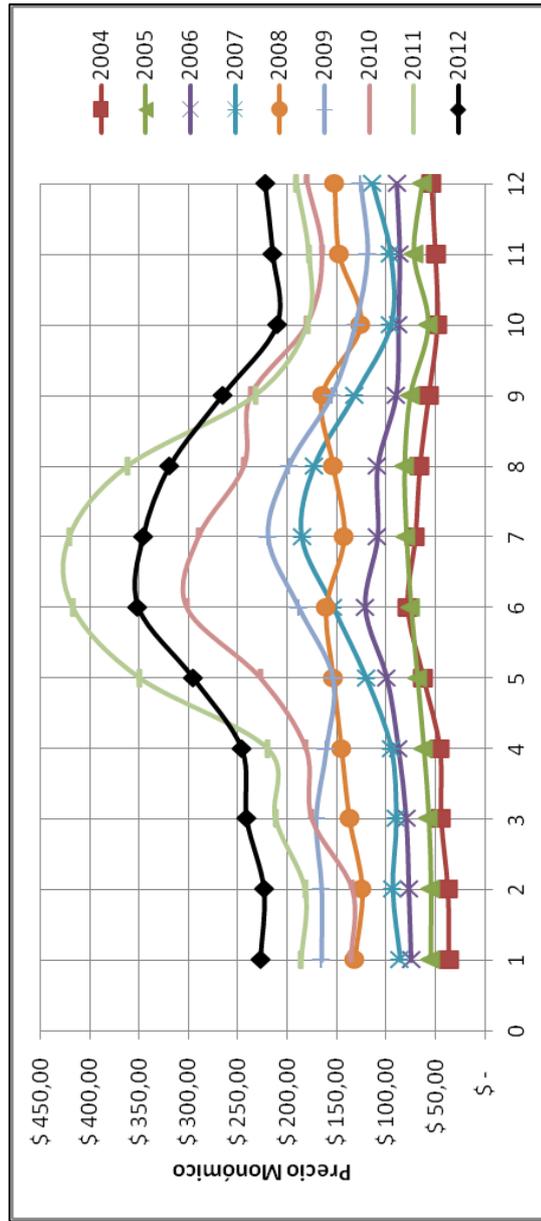
		Síntesis del mercado eléctrico mayorista - CNEA											
Precio monómico \$/mwh	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	2004	\$ 35,88	\$ 36,84	\$ 43,69	\$ 44,99	\$ 61,77	\$ 77,89	\$ 70,07	\$ 65,43	\$ 56,33	\$ 47,55	\$ 49,59	\$ 53,70
2	2005	\$ 55,18	\$ 54,72	\$ 56,84	\$ 61,97	\$ 68,45	\$ 74,93	\$ 79,73	\$ 81,62	\$ 75,86	\$ 57,58	\$ 72,21	\$ 63,74
3	2006	\$ 74,64	\$ 77,03	\$ 79,58	\$ 87,50	\$ 99,30	\$ 121,27	\$ 108,55	\$ 108,53	\$ 89,77	\$ 87,53	\$ 86,27	\$ 89,24
4	2007	\$ 85,76	\$ 93,50	\$ 90,08	\$ 95,05	\$ 120,15	\$ 153,33	\$ 185,15	\$ 172,54	\$ 131,85	\$ 95,34	\$ 95,70	\$ 113,85
5	2008	\$ 132,05	\$ 124,36	\$ 137,13	\$ 145,21	\$ 153,36	\$ 160,17	\$ 142,33	\$ 153,48	\$ 164,65	\$ 125,79	\$ 147,65	\$ 152,03
6	2009	\$ 165,22	\$ 164,96	\$ 170,66	\$ 160,13	\$ 153,61	\$ 188,30	\$ 219,50	\$ 198,50	\$ 154,73	\$ 130,86	\$ 118,45	\$ 125,52
7	2010	\$ 135,40	\$ 133,89	\$ 174,92	\$ 180,87	\$ 226,90	\$ 301,46	\$ 289,56	\$ 243,54	\$ 236,76	\$ 180,17	\$ 164,54	\$ 179,47
8	2011	\$ 185,61	\$ 181,50	\$ 211,50	\$ 219,52	\$ 348,90	\$ 416,80	\$ 420,30	\$ 361,30	\$ 232,09	\$ 179,30	\$ 177,80	\$ 190,20

**Nota:** Fuente: Adaptado de CNEA, 2012.



**Figura 56. Análisis de tendencia del Precio Monómico (2004-2011)**

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 57. Análisis de estacionalidad del Precio Monómico (2004-2011)**

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 33**  
**Estimación del Precio Monómico promedio para el año 2012**

<b>Año</b>	<b>2012</b>
<b>Precio de la energía</b>	263,4711222
<b>Error típico de la estima</b>	25,93706109
<b>Límite superior (Y+3 S<sub>yx</sub>)</b>	341,2823055
<b>Límite inferior (Y-3 S<sub>yx</sub>)</b>	185,6599389

## Precio monómico:

Monto total que equivale a un precio único por concepto de venta o compra de energía y potencia. Es igual al ingreso o costo total por venta o compra de energía y potencia dividido por la energía total vendida o comprada.

Precio de energía: precio monómico 0,2635\$/kWh

### 7.9. Amortización de la deuda.

Sistema de amortización alemán

Los rasgos distintivos del sistema alemán son:

- Cuota de amortización de capital periódica constante.
- Intereses decrecientes, al calcularse sobre un saldo que disminuye siempre en una suma fija.
- Cuota total decreciente como consecuencia de las características de los componentes anteriores.

Atento a las características expuestas para el cálculo de los componentes se aplicaron las siguientes fórmulas:

- La parte correspondiente a amortización es la resultante de dividir el valor nominal del préstamo por los períodos en los que se va a cancelar el capital:

$$tp = \frac{V}{n}$$

- El interés se calculó sobre el saldo del capital no cancelado:

$$\text{Interés período } n = (V - \sum_1^{n-1} tp) * i$$

- La cuota total resulta de la suma de ambos componentes

$$\frac{V}{n} + (V - \sum_1^{n-1} tp) * i$$

Tabla 34  
Sistema de Amortización Alemán.

Capital inicial	\$ 884.414,38
Tasa %	18%
Períodos	36
Años	3
Pagos/año	12
Tasa	17,5

Meses	Capital pte. de amortización	Intereses del periodo	Cuota de amortiz.	Capital amortizado	Cuota mensual	Total de Intereses Anual	Total Capital amortizado
1	\$ 884.414,38	\$ 12.897,71	\$ 24.567,07	\$ 24.567,07	\$ 37.464,78	\$ 49.441,22	\$ 98.268,26
2	\$ 859.847,32	\$ 12.539,44	\$ 24.567,07	\$ 49.134,13	\$ 37.106,51		
3	\$ 835.280,25	\$ 12.181,17	\$ 24.567,07	\$ 73.701,20	\$ 36.748,24		
4	\$ 810.713,19	\$ 11.822,90	\$ 24.567,07	\$ 98.268,26	\$ 36.389,97	\$ 113.929,77	\$ 294.804,79
5	\$ 786.146,12	\$ 11.464,63	\$ 24.567,07	\$ 122.835,33	\$ 36.031,70		
6	\$ 761.579,05	\$ 11.106,36	\$ 24.567,07	\$ 147.402,40	\$ 35.673,43		
7	\$ 737.011,99	\$ 10.748,09	\$ 24.567,07	\$ 171.969,46	\$ 35.315,16		
8	\$ 712.444,92	\$ 10.389,82	\$ 24.567,07	\$ 196.536,53	\$ 34.956,89		
9	\$ 687.877,85	\$ 10.031,55	\$ 24.567,07	\$ 221.103,60	\$ 34.598,62		
10	\$ 663.310,79	\$ 9.673,28	\$ 24.567,07	\$ 245.670,66	\$ 34.240,35		
11	\$ 638.743,72	\$ 9.315,01	\$ 24.567,07	\$ 270.237,73	\$ 33.882,08		
12	\$ 614.176,66	\$ 8.956,74	\$ 24.567,07	\$ 294.804,79	\$ 33.523,81		
13	\$ 589.609,59	\$ 8.598,47	\$ 24.567,07	\$ 319.371,86	\$ 33.165,54	\$ 62.338,93	\$ 294.804,79
14	\$ 565.042,52	\$ 8.240,20	\$ 24.567,07	\$ 343.938,93	\$ 32.807,27		
15	\$ 540.475,46	\$ 7.881,93	\$ 24.567,07	\$ 368.505,99	\$ 32.449,00		
16	\$ 515.908,39	\$ 7.523,66	\$ 24.567,07	\$ 393.073,06	\$ 32.090,73		
17	\$ 491.341,32	\$ 7.165,39	\$ 24.567,07	\$ 417.640,13	\$ 31.732,46		
18	\$ 466.774,26	\$ 6.807,12	\$ 24.567,07	\$ 442.207,19	\$ 31.374,19		
19	\$ 442.207,19	\$ 6.448,85	\$ 24.567,07	\$ 466.774,26	\$ 31.015,92		
20	\$ 417.640,13	\$ 6.090,59	\$ 24.567,07	\$ 491.341,32	\$ 30.657,65		
21	\$ 393.073,06	\$ 5.732,32	\$ 24.567,07	\$ 515.908,39	\$ 30.299,38		
22	\$ 368.505,99	\$ 5.374,05	\$ 24.567,07	\$ 540.475,46	\$ 29.941,11		
23	\$ 343.938,93	\$ 5.015,78	\$ 24.567,07	\$ 565.042,52	\$ 29.582,84		
24	\$ 319.371,86	\$ 4.657,51	\$ 24.567,07	\$ 589.609,59	\$ 29.224,57		
25	\$ 294.804,79	\$ 4.299,24	\$ 24.567,07	\$ 614.176,66	\$ 28.866,30		
26	\$ 270.237,73	\$ 3.940,97	\$ 24.567,07	\$ 638.743,72	\$ 28.508,03		
27	\$ 245.670,66	\$ 3.582,70	\$ 24.567,07	\$ 663.310,79	\$ 28.149,76		
28	\$ 221.103,60	\$ 3.224,43	\$ 24.567,07	\$ 687.877,85	\$ 27.791,49		
29	\$ 196.536,53	\$ 2.866,16	\$ 24.567,07	\$ 712.444,92	\$ 27.433,22		
30	\$ 171.969,46	\$ 2.507,89	\$ 24.567,07	\$ 737.011,99	\$ 27.074,95	\$ 12.897,71	\$ 196.536,53
31	\$ 147.402,40	\$ 2.149,62	\$ 24.567,07	\$ 761.579,05	\$ 26.716,68		
32	\$ 122.835,33	\$ 1.791,35	\$ 24.567,07	\$ 786.146,12	\$ 26.358,41		
33	\$ 98.268,26	\$ 1.433,08	\$ 24.567,07	\$ 810.713,19	\$ 26.000,15		
34	\$ 73.701,20	\$ 1.074,81	\$ 24.567,07	\$ 835.280,25	\$ 25.641,88		
35	\$ 49.134,13	\$ 716,54	\$ 24.567,07	\$ 859.847,32	\$ 25.283,61		
36	\$ 24.567,07	\$ 358,27	\$ 24.567,07	\$ 884.414,38	\$ 24.925,34		

## 7.10. Ingresos.

Tabla 35 a  
Ingresos

		Ingresos									
Periodo (años)		1 <sup>A</sup>		2		3		4		5	
Sub-productos	cantidad de vacas totales	1050		1150		1150		1150		1150	
		Precio unit.	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad
Energía neta (kWh)	\$ 0,2635	143548,3333	\$ 37.820,84	471658,8095	\$ 124.268,48	471658,81	\$ 124.268,48	471658,8095	\$ 124.268,48	471658,8095	\$ 124.268,48
Fertilizante (Tn)	\$ 22,00	3800,333333	\$ 83.607,33	12486,80952	\$ 274.709,81	12486,8095	\$ 274.709,81	12486,80952	\$ 274.709,81	12486,80952	\$ 274.709,81
<b>Total</b>			<b>\$ 121.428,17</b>		<b>\$ 398.978,29</b>		<b>\$ 398.978,29</b>		<b>\$ 398.978,29</b>		<b>\$ 398.978,29</b>

A- 6 meses de construcción  
y 2 de puesta en marcha

Tabla 35 b  
Ingresos

		Ingresos									
Periodo (años)		6		7		8		9		10	
Sub-productos	cantidad de vacas totales	1150		1250		1250		1250		1250	
		Precio unit.	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad	\$	Cantidad
Energía neta (kWh)	\$ 0,2635	471658,8	\$ 124.268,48	512672,619	\$ 135.074,43	512672,619	\$ 135.074,43	512672,619	\$ 135.074,43	512672,619	\$ 135.074,43
Fertilizante (Tn)	\$ 22,00	12486,81	\$ 274.709,81	13572,619	\$ 298.597,62	13572,61905	\$ 298.597,62	13572,61905	\$ 298.597,62	13572,61905	\$ 298.597,62
<b>Total</b>			<b>\$ 398.978,29</b>		<b>\$ 433.672,05</b>		<b>\$ 433.672,05</b>		<b>\$ 433.672,05</b>		<b>\$ 433.672,05</b>

### 7.11. Valor de desecho del proyecto.

El valor de desecho del proyecto es calculado mediante el método económico. Este supone que el proyecto valdrá lo que es capaz de generar desde el momento en que se evalúa en adelante, y por dicho motivo no toma en cuenta la recuperación de la inversión en capital de trabajo (Sapag Chain, 2000).

Para su cálculo se tomo la utilidad neta del periodo 10 mas la remuneración por la ley 26.190, y se lo dividió por la tasa de retorno requerida, ya que las depreciaciones son nulas desde el periodo 6 por motivo explicados en 7.5

$$VD = \frac{(B - C)_k - Dep_k}{i} = \frac{(188868,54) - 0}{17,5} = \$ 1.079.248,79$$

El valor desecho del proyecto es al finalizar el año 10 es de \$ 1.079.248,79

7.12. Flujo de caja.

Tabla 36 a  
Flujo de caja

FLUJO DE CAJA							
	0	1	2	3	4	5	
Ingresos	Vta. de energía	\$ -	\$ 37.820,84	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48
	Vta. de fertilizante	\$ -	\$ 83.607,33	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81
Costos de operación y mantenimiento		\$ -	\$ 49.176,81	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69
Costo legal		\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ 15.981,00
Gastos de venta de energía		\$ -	\$ 5.552,76	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29
Depreciación		\$ -	\$ 85.114,41	\$ 255.343,24	\$ 255.343,24	\$ 170.743,82	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ 11.309,60	\$ 33.928,79	\$ 33.928,79	\$ 45.238,38	\$ -
Utilidades antes del impuesto		\$ -	\$ -29.725,41	\$ -45.229,71	\$ -61.210,71	\$ 28.060,10	\$ 228.061,31
Impuesto a las ganancias		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9.821,04	\$ 79.821,46
Utilidad Neta		\$ -	\$ -29.725,41	\$ -45.229,71	\$ -61.210,71	\$ 18.239,07	\$ 148.239,85
Remuneración Ley 26190 art. 14		\$ -	\$ 2.153,23	\$ 7.074,88	\$ 7.074,88	\$ 7.074,88	\$ 7.074,88
Depreciación		\$ -	\$ 85.114,41	\$ 255.343,24	\$ 255.343,24	\$ 170.743,82	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ 11.309,60	\$ 33.928,79	\$ 33.928,79	\$ 45.238,38	\$ -
Aporte de capital		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión inicial		\$ 884.414,38	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de desecho		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja		\$ -884.414,38	\$ 68.851,82	\$ 251.117,19	\$ 235.136,19	\$ 241.296,16	\$ 155.314,73
VA del período		\$ -884.414,38	\$ 58.597,30	\$ 181.886,60	\$ 144.945,88	\$ 126.589,87	\$ 69.346,30
VA acum		\$ -884.414,38	\$ -825.817,09	\$ -643.930,48	\$ -498.984,60	\$ -372.394,74	\$ -303.048,43

Tabla 36 b  
Flujo de caja

		FLUJO DE CAJA							
		6	7	8	9	10			
Ingresos	Vta. de energía	\$ 124.268,48	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43
	Vta. de fertilizante	\$ 274.709,81	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62
Costos de operación y mantenimiento		\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69
Costo legal		\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos de venta de energía		\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29
Depreciación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades antes del impuesto		\$ 244.042,31	\$ 262.755,07	\$ 278.736,07	\$ 262.755,07	\$ 262.755,07	\$ 262.755,07	\$ 262.755,07	\$ 278.736,07
Impuesto a las ganancias		\$ 85.414,81	\$ 91.964,28	\$ 97.557,63	\$ 91.964,28	\$ 97.557,63	\$ 91.964,28	\$ 91.964,28	\$ 97.557,63
Utilidad Neta		\$ 158.627,50	\$ 170.790,80	\$ 181.178,45	\$ 170.790,80	\$ 181.178,45	\$ 170.790,80	\$ 170.790,80	\$ 181.178,45
Remuneración Ley 26190 art. 14		\$ 7.074,88	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09	\$ 7.690,09
Depreciación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Aporte de capital									
Inversión inicial		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de desecho		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.079.248,79
Flujo de caja		\$ 165.702,38	\$ 178.480,89	\$ 188.868,54	\$ 178.480,89	\$ 188.868,54	\$ 178.480,89	\$ 178.480,89	\$ 1.268.117,32
VA del periodo		\$ 62.965,34	\$ 57.720,04	\$ 51.982,44	\$ 41.807,18	\$ 51.982,44	\$ 41.807,18	\$ 41.807,18	\$ 252.802,15
VA acum		\$ -240.083,09	\$ -182.363,0	\$ -130.380,6	\$ -88.573,42	\$ -88.573,42	\$ -88.573,42	\$ -88.573,42	\$ 164.228,73

7.13. Flujo de caja del inversionista.

Tabla 37 a  
Flujo del inversionista

		FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA					
		0	1	2	3	4	5
Ingresos	Vta. de energía	\$ -	\$ 37.820,84	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48	\$ 124.268,48
	Vta. de fertilizante	\$ -	\$ 83.607,33	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81	\$ 274.709,81
Costos de operación y mantenimiento		\$ -	\$ 49.176,81	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69
Costo legal		\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ 15.981,00
Gastos de venta de energía		\$ -	\$ 5.552,76	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29
Intereses préstamo		\$ -	\$ 49.441,2	\$ 113.929,8	\$ 62.338,9	\$ 12.897,7	\$ -
Depreciación		\$ -	\$ 85.114,41	\$ 255.343,24	\$ 255.343,24	\$ 170.743,82	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ 11.309,60	\$ 33.928,79	\$ 33.928,79	\$ 45.238,38	\$ -
Utilidades antes del impuesto		\$ -	\$ -79.166,6	\$ -159.159,5	\$ -123.549,6	\$ 15.162,4	\$ 228.061,3
Impuesto a las ganancias		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.306,8	\$ 79.821,5
Utilidad Neta		\$ -	\$ -79.166,6	\$ -159.159,5	\$ -123.549,6	\$ 9.855,6	\$ 148.239,9
Remuneración Ley 26190 art. 14		\$ -	\$ 2.153,225	\$ 7.074,882	\$ 7.074,882	\$ 7.074,882	\$ 7.074,882
Depreciación		\$ -	\$ 85.114,4	\$ 255.343,2	\$ 255.343,2	\$ 170.743,8	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ 11.309,6	\$ 33.928,8	\$ 33.928,8	\$ 45.238,4	\$ -
Aporte de capital		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión inicial		\$ -884.414,4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo		\$ 884.414,4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización deuda		\$ -	\$ -98.268,3	\$ -294.804,8	\$ -294.804,8	\$ -196.536,5	\$ -
Valor de desecho		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo de caja		\$ -	\$ -78.857,7	\$ -157.617,4	\$ -122.007,5	\$ 36.376,1	\$ 155.314,7
VA del periodo		\$ -	\$ -67.112,9	\$ -114.163,8	\$ -75.209,6	\$ 19.083,8	\$ 69.346,3
VA acum		\$ -	\$ -67.112,9	\$ -181.276,7	\$ -256.486,2	\$ -237.402,4	\$ -168.056,1

Tabla 37 b  
Flujo del inversionista

		FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA							
		6	7	8	9	10			
Ingresos	Vta. de energía	\$ 124.268,48	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43	\$ 135.074,43
	Vta. de fertilizante	\$ 274.709,81	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62	\$ 298.597,62
Costos de operación y mantenimiento		\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69	\$ 138.277,69
Costo legal		\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ -	\$ 15.981,00	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos de venta de energía		\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29	\$ 16.658,29
Intereses préstamo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades antes del impuesto		\$ 244.042,3	\$ 262.755,1	\$ 278.736,1	\$ 262.755,1	\$ 278.736,1	\$ 262.755,1	\$ 278.736,1	\$ 278.736,1
Impuesto a las ganancias		\$ 85.414,8	\$ 91.964,3	\$ 97.557,6	\$ 91.964,3	\$ 97.557,6	\$ 91.964,3	\$ 97.557,6	\$ 97.557,6
Utilidad Neta		\$ 158.627,5	\$ 170.790,8	\$ 181.178,4	\$ 170.790,8	\$ 181.178,4	\$ 170.790,8	\$ 181.178,4	\$ 181.178,4
Remuneración Ley 26190 art. 14		\$ 0,015	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089	\$ 7.690,089
Depreciación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización de act. Intangibles		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Aporte de capital		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión inicial		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización deuda		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de desecho		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.079.248,8
Flujo de caja		\$ 165.702,4	\$ 178.480,9	\$ 188.868,5	\$ 178.480,9	\$ 188.868,5	\$ 178.480,9	\$ 188.868,5	\$ 1.268.117,3
VA del periodo		\$ 62.965,3	\$ 57.720,0	\$ 51.982,4	\$ 41.807,2	\$ 51.982,4	\$ 41.807,2	\$ 41.807,2	\$ 252.802,2
VA acum		\$ -105.090,8	\$ -47.370,8	\$ 4.611,7	\$ 46.418,9	\$ 4.611,7	\$ 46.418,9	\$ 46.418,9	\$ 299.221,0

## 7.14. Criterio de evaluación.

Tabla 38  
Criterio de evaluación, flujo de caja y del inversionista

Criterios de evaluación			
	VAN	TIR	PR (años)
Flujo de caja	\$ 164.228,73	21,3%	10
Flujo de caja del inversionista	\$ 299.221,02	34,1%	8

El flujo de caja sintetiza las inversiones previas a la puesta en marcha los egresos e ingresos de operación y el valor de desecho del proyecto, es decir mide la rentabilidad de toda la inversión.

El flujo de caja del inversionista incorpora el apalancamiento de la deuda y mide la rentabilidad de los recursos propios.

## 7.15. Análisis de sensibilidad.

### 7.15.1. Análisis de sensibilidad del precio de la energía

El precio de la energía que hace el VAN 0 es de 0,1779 \$/kWh, es decir un reducción del 32,48 % del precio monómico estimado para el año 2012.

Tabla 39  
Análisis de sensibilidad - Precio de la energía

Variable a sensibilizar	Precio
Precio de la energía <sub>1</sub>	\$ 0,2635
VAN <sub>1</sub>	\$ 162.100,14
Baja del Precio	32,48%
Precio de la energía <sub>2</sub>	\$ 0,1779
VAN <sub>2</sub>	\$ 31,66
Variación del VAN (VAN <sub>2</sub> - VAN <sub>1</sub> )	-\$ 162.068,47
Variación del Precio (P <sub>2</sub> - P <sub>1</sub> )	-\$ 0,08558
Var. VAN / Var. Precio	1.893.867,08
Suma de los VAN (VAN <sub>1</sub> + VAN <sub>2</sub> )	\$ 162.131,8
Suma de los Precios (P <sub>1</sub> + P <sub>2</sub> )	\$ 0,44
Suma Precios / Suma VAN	0,0000
Elasticidad del VAN respecto del Precio de la energía	5,16
Valor Absoluto de la elasticidad	5,16
El VAN es muy elástico a la variación del precio de la energía.	

Del análisis del mercado eléctrico mayorista, y según la tabla de Distribución Normal la probabilidades,

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

El precio alcanzado del análisis de sensibilidad, 0,1779 \$/kWh, se encuentra por fuera de los límites del 99, 73% de probabilidad de ocurrencia.

$$z = \frac{177,9 - 263,5}{25,937} = -3,3$$

$$P(z) < (-3,3) = 0,0005$$

### 7.15.2. Análisis de sensibilidad del precio del biofertilizante

El precio del biofertilizante que hace el VAN 0 es de 18,768 \$/Tn, es decir un reducción del 14,69 % del precio estimado para el año 2012.

La probabilidad de que haya una reducción en el precio de los biofertilizantes orgánicos es nula.

Tabla 40

#### Análisis de sensibilidad-Precio del biofertilizante

Variable a sensibilizar	Precio
Precio del fertilizante <sub>1</sub>	\$ 22,0000
VAN <sub>1</sub>	\$ 162.100,14
Baja del Precio	14,69%
Precio del fertilizante <sub>2</sub>	\$ 18,7682
VAN <sub>2</sub>	\$ 63,26
Variación del VAN (VAN <sub>2</sub> - VAN <sub>1</sub> )	-\$ 162.036,88
Variación del Precio (P <sub>2</sub> - P <sub>1</sub> )	-\$ 3,23
<b>Var. VAN / Var. Precio</b>	<b>50.138,28</b>
Suma de los VAN (VAN <sub>1</sub> + VAN <sub>2</sub> )	\$ 162.163,4
Suma de los Precios (P <sub>1</sub> + P <sub>2</sub> )	\$ 40,77
<b>Suma Precios / Suma VAN</b>	<b>0,0003</b>
<b>Elasticidad del VAN respecto del Precio de la energía</b>	<b>12,60486219</b>
<b>Valor Absoluto de la elasticidad</b>	<b>12,60</b>
<b>El VAN es muy elástico a la variación del precio del fertilizante.</b>	

### 7.16. Fuente de financiamiento

Para la selección de la fuente de financiamiento se realizó extenso análisis en el que se evaluaron distintas alternativas de diferentes instituciones que presentan líneas de créditos de inversión con características acordes al sector agropecuario

y/o específicamente para el sector tambero, y de modalidad reembolsables como no reembolsables.

Las instituciones que se analizaron se listan a continuación:

- Banco Credicoop (Créditos de Inversión),
- Banco Galicia(Línea Bice, Línea IFC),
- Consejo Federal de inversión (Línea para reactivación Empresaria)
- Banco de la Nación Argentina( Financiación para el Sector Tambero)
- SEPyME-FONAPyME (Industria IV)
- Bonificación de tasa para créditos verdes
- Banco de la Provincia de Buenos Aires (BAPRO) y Secretaría de Política Ambiental (Programa Ventanilla Verde, Línea de de Financiamiento para la Producción Limpia y Preservación del medio Ambiente)
- FONARSEC(Biomasa)
- FONTAR-ANR(PDT-CP, CAE-BICE)

De acuerdo a las características del productor, a las consultas realizadas en las instituciones y a la afinidad observada, en una entrevista con la Cdra. de la Empresa, Agustina Micheo, hacia determinadas instituciones por parte de la Empresa, es que se optó por la línea del BAPRO.

A continuación se presenta las características de Crédito seleccionado:

### **Créditos de Inversión BAPRO**

#### **Línea de financiamiento para la Producción Limpia y Preservación del medio Ambiente - Adquisición o Construcción de Plantas y/o Equipamiento con Aplicación Medioambiental (Última actualización 6/1/2012)**

- **Beneficiarios**

Personas físicas o jurídicas, pertenecientes a todos los sectores de la actividad económica, que estén en condiciones de ser considerados sujetos de crédito para la asistencia solicitada

- **Destino de los fondos**

Adquisición llave en mano de plantas de tratamiento de efluentes sólidos, líquidos y/o gaseosos de origen nacional o importado.

*Construcción de plantas de tratamiento de efluentes sólidos, líquidos y/o gaseosos modulares o no, sistemas de alcantarillado y/o tuberías de interconexión dependencias de control de origen nacional o extranjero.*

- **Plantas y/o equipamiento para generación de energías alternativas.**

Construcción y/o adquisición de plantas de transformación de materiales orgánicos o inorgánicos.

Adquisición de equipamiento nacional y/o importado, nuevo o reacondicionado garantido con destino a mejoras medioambientales.

- **Tasas de interés**

Tasa variable en función de la tasa promedio mensual que publica el BCRA como “Badlar-tasa de interés por depósitos a plazo fijo de más de un millón de pesos; total en pesos (tasa testigo) o la que en el futuro la reemplace, correspondiente al período comprendido entre el día 19 o anterior hábil del mes precedente y el del día 20 o anterior hábil del segundo mes anterior, ambos al mes vencimiento del servicio, más un spread de 5 (cinco) puntos porcentuales anual, con un mínimo de 14,5% TNA

- **Moneda:** Pesos
- **Monto**

Se financiará hasta el 100% del total de la inversión para los bienes de origen nacional y 100% valor FOB para los bienes importado

- **Plazo**
- Plazo máximo: hasta 36 meses
- Plazo de gracia: hasta 6 meses, únicamente para el pago del capital
- **Desembolso**

Para el caso de obra civil se desembolsará por avance en función de la tasación realizada por el banco.

Para maquinaria y equipamiento nuevo, nacional o importado, podrá realizarse un solo desembolso o desembolsos parciales, contra prestación de certificación contable de inversiones totales realizadas y pagadas en la que se describa el concepto de las facturas abonadas, o bien presentar presupuesto del estudio, el que se abonará en forma directa al proveedor.

- **Forma de pago**

Préstamo Amortizable Interés Vencido, aplicándose el *Sistema de Amortización Alemán*, siendo el capital y los intereses pagaderos en forma mensual

El banco Podrá aceptar pagos parciales anticipados y cancelaciones anticipadas.

- **Comisiones**

2% anual a percibirse en forma adelantada por períodos anuales, al momento de efectivizarse la operación y en los años sucesivos sobre el saldo del capital adeudado, suponiendo una amortización regular

- **Garantías**

Se instrumentarán garantías personales y/o reales a satisfacción del Banco.

- **Verificación previa a la resolución**

Podrá ser necesario contar con la aprobación del Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable (O.P.D.S) u otros Entes Oficiales con jurisdicción sobre el tema. A estos fines

deberá remitirse a Proyectos de Inversión y Medio Ambiente, memoria descriptiva del proyecto y presupuestos.

- **Resolución de las operaciones**

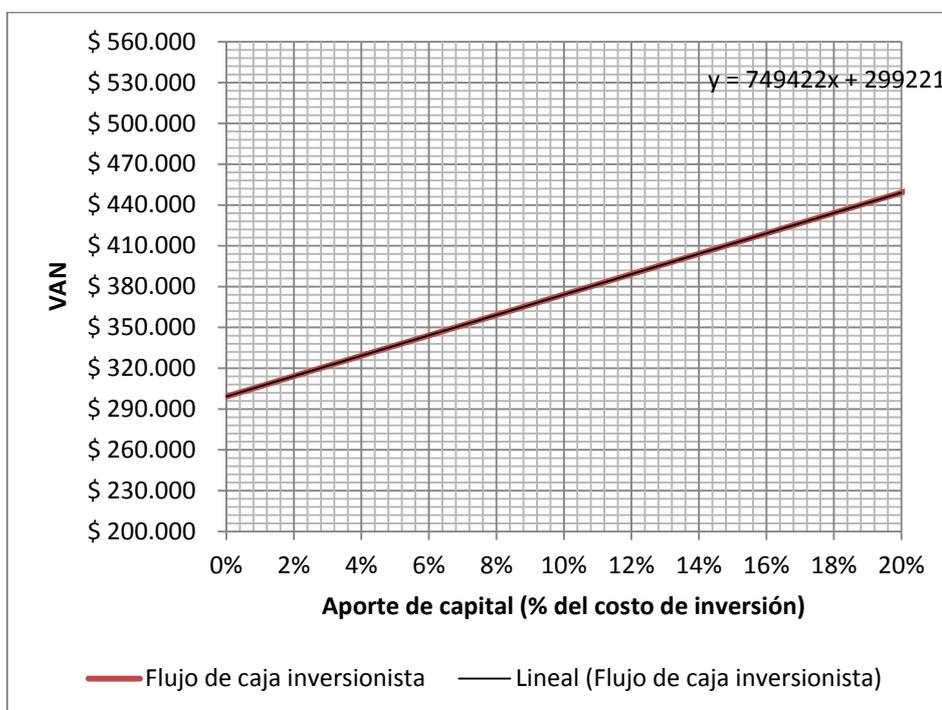
Las unidades de negocios elevarán las propuestas al Comité de Créditos que corresponda.

La información anterior fue suministrada por el Gerente de la Sucursal Trenque Lauquen del BAPRO, el Sr. Luis Pachamé (Entrevista, 26 de Enero de 2012), que analizó el monto de la inversión que se solicita para este proyecto como también las características del mismo. El Sr. Pachamé confirmó que la Empresa “Los baguales SRL” puede ser sujeto de crédito, también comentó la buena trayectoria de la Flía. y la perspectiva real y efectiva de gestión del crédito que ésta inversión requiere, incluso la posibilidad de continuar con futuras ampliaciones. Así como también confirmó que el proyecto encuadra perfectamente dentro del marco de la línea de proyecto que posee el BAPRO, y aclaró también Pachamé que es muy reciente ésta línea en el sistema crediticio del BAPRO y que considera su perdurabilidad en el medio debido al incremento del interés de protección del medio ambiente y de los recursos productivos.

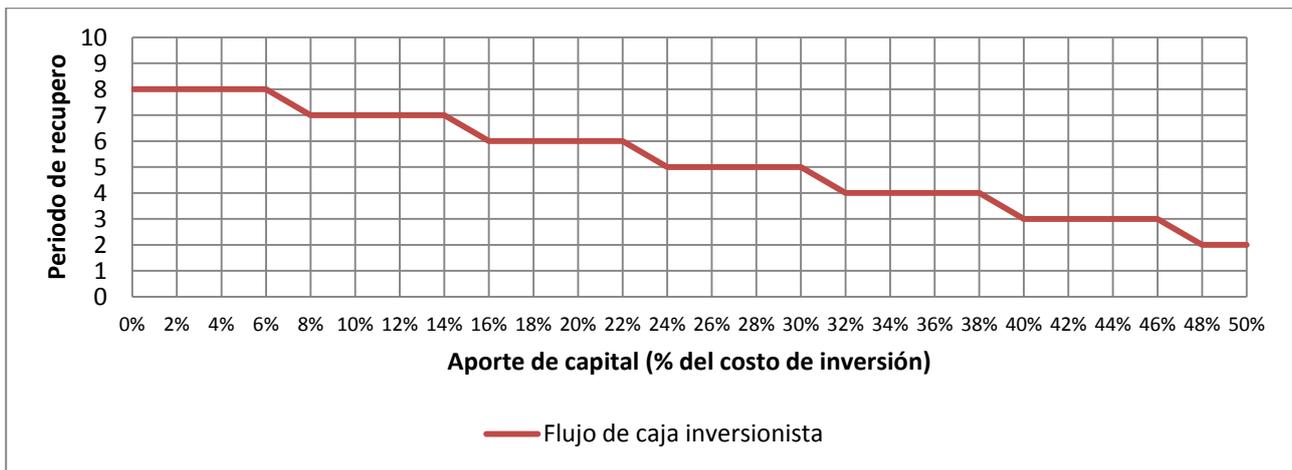
### 7.17. Aportes de capital

La evaluación del proyecto se analizó en base al financiamiento del 100% de la inversión mediante sistema crediticio.

El aporte de capital inicial reduce el costo del endeudamiento, ocasionando que la rentabilidad se logre en un periodo menor. Los siguientes grafico muestran la incidencia en el VAN y el periodo de recupero de un aporte de hasta 50% de la inversión.



**Figura 58. Ecuación de la incidencia del aporte de capital en el VAN**  
Fuente: Elaboración Propia



**Figura 59. Incidencia del aporte de capital en el PR**

Fuente: Elaboración Propia

### 7.18. Externalidades

Como es de conocimiento general el campo, la ciudad y el ambiente se encuentran intrínsecamente relacionados, de hecho la demanda de recursos, con una mala gestión de los mismos en el campo, o las presiones directas sobre el medio natural pueden desencadenar serios compromisos ambientales sobre las ciudades, al alterarse los servicios ambientales vitales (Pengue, 2009).

En este sentido, las inversiones deberían contemplar las externalidades en su análisis costo beneficio para realizar un estudio acabado de la situación.

La cuantificación de las externalidades excede al presente proyecto pero seguidamente se realiza el comentario de las diferentes metodologías aplicables y los factores fundamentales a tener en cuenta.

“Una externalidad es un costo no incluido en las cuentas de una empresa de un país o región. Concepto que ha alcanzado en particular, la discusión ambiental y social (en general identificando como daños) los valores generalmente excluidos (Pengue, 2009).”

Por esto es que la externalidad puede tener dos sentidos, positivo cuando genere beneficios no considerados *a priori* o negativo, cuando incluya los daños ocasionados.

Se recomienda realizar un abordaje multicriterial, y la economía ambiental, como subapéndice de la economía clásica, plantea reconocimiento y resolución mediante criterios exclusivamente monetarios, buscando de esta manera una concesión recomendable de los recursos naturales o de su consumo o destrucción, utilizando términos financieros.

De esta manera se fijan funciones de costo marginal externo (o externalidades) y de beneficio marginales privados, intentando la obtención de un óptimo social en el cual los actores sociales involucrados (empresa, estado, particulares, ONG, etc.) resulten compensados.

#### 7.18.1. Métodos de Valoración Económica de las Externalidades

Existen diversos métodos y técnicas de valoración (CCAD, PNUD, GEF, 2002). Generalmente se clasifican bajo distintas formas, según el concepto de valor adoptado, los algoritmos de solución usados y el grado de disponibilidad de la información requerida.

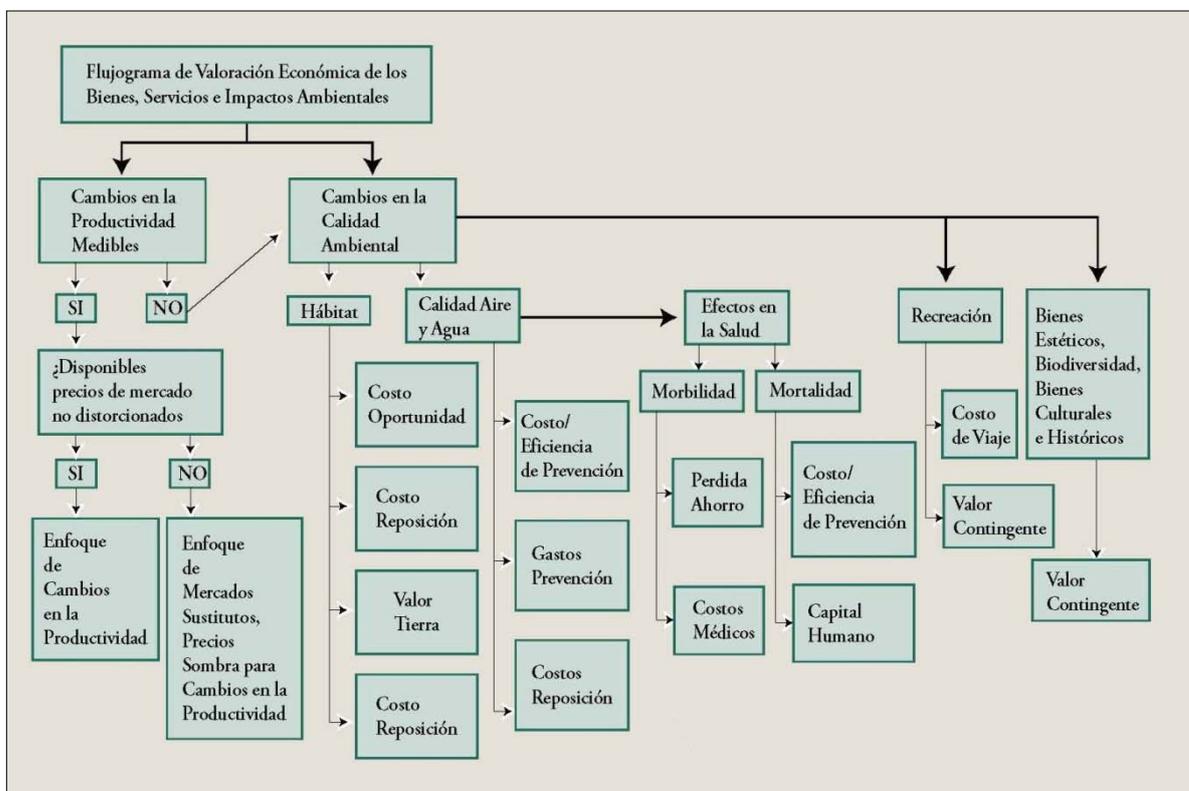
## 7.18.2. Clasificación de los métodos de valoración económica de los bienes, servicios e impactos ambientales

Hufschmidt et al (1983) y Dixon et al (1988) clasifican los métodos de valoración existentes (llamados por ellos como “métodos de valoración de la calidad ambiental”) en dos grandes categorías:

- Métodos que valoran beneficios
- Métodos que valoran costos

Las técnicas que valoran beneficios resultantes de un cambio en la calidad ambiental o disponibilidad de un recurso dado asignan valor a los beneficios obtenidos por el uso de los bienes ambientales que se convertirían en costos si estos usos se perdieran.

Las técnicas que valoran costos, lo hacen midiendo los costos de prevenir (mitigar) cambios ambientales que, de otra manera, tendrían un impacto negativo en el bienestar económico, a través de cambios negativos en el medio ambiente.



**Figura 60. Diagrama de flujo de valoración económica de los Bienes, Servicios e Impactos Ambientales.**

Fuente: Dixon y Sherman, 1999.

Otras clasificaciones (Dixon et al. 1988, Reveret et al. 1990) agrupan ambos tipos de métodos anteriores, de acuerdo a:

- 1- Aquellos que usan valores directos de mercado o cambios de productividad.
- 2- Aquellos que usan valores de mercado de bienes o servicios complementarios o sustitutos (subrogados).
- 3- Aquellos que usan valores determinados bajo condiciones hipotéticas o contingentes.

De acuerdo a la clasificación anterior, los métodos de valoración se pueden clasificar, de acuerdo al origen y disponibilidad de la información en:

- **Métodos de valoración directos** (valores directos de mercado): Estos métodos se basan en precios de mercado disponibles o en observación de cambios en la productividad. Se aplican cuando un cambio en la calidad ambiental o disponibilidad de un recurso afecta la producción o la productividad. La fuente de información se basa en parámetros de conductas observadas, como los precios pagados o gastos efectuados reflejados en mercados convencionales.
- **Métodos de valoración indirectos:** (valores sustitutos de mercado, uso de mercados subrogados) Hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta. Estos métodos se usan cuando diversos aspectos o atributos de los recursos naturales o servicios ambientales no tienen precios reflejados en un mercado establecido. Sin embargo, es posible estimar su valor (implícito) a través de precios pagados por otros bienes o servicios (subrogados) en mercados establecidos. El supuesto básico es que el diferencial de precio obtenido después de que todas las variables han sido consideradas, reflejan la valoración que los individuos realizan de dicho bien. Entre estos se podrían utilizar algunas de las siguientes metodologías para este proyecto:
  - **Gasto potencial:** Estos métodos usan información de mercado en forma indirecta. Acciones potenciales o futuras pueden ser valoradas a través de mercados convencionales para proveer una medida de degradación ambiental, siempre y cuando exista seguridad que dichas acciones se llevarán efectivamente a cabo
  - **Costo de Reposición:** Se usa fundamentalmente para estimar los costos de la contaminación (polución). Se basa en la medición de los costos potenciales del daño, medidos por estimadores ingenieriles o contables antes de los costos de reposición o restauración de un activo físico o recurso natural si la contaminación tuviera lugar. Asume que es posible predecir la naturaleza y extensión del daño físico esperado y que los costos de reposición o restauración pueden ser estimados con un nivel razonable de precisión y ser usados como proxy de los costos del daño ambiental. Su uso puede ser útil en la estimación de los costos de la contaminación de agua potable (pesticidas, agro químicos, etc.). Estimar una función de daño en la salud puede ser difícil o poco precisa (dificultad para aislar efectos de calidad de agua, exposición y enfermedades), mientras que valorar fuentes alternativas de agua puede ser más eficiente.
- **Métodos de valoración contingente–mercados contruidos:** Estos métodos son usados cuando no existe información de mercado ni valores subrogados acerca de las preferencias de los individuos (disposición a pagar o aceptar) respecto de ciertos recursos naturales o servicios ambientales. Consiste en presentar a los individuos situaciones hipotéticas (contingentes a) y preguntarles sobre su posible reacción a tal situación (como, por ejemplo, preservar un área silvestre, construir un puente, mejorar o empeorar la calidad ambiental etc.). La entrevista puede ser directamente a través de cuestionarios o a través de diversas técnicas experimentales en las cuales los individuos

Cualquiera de las metodologías seleccionada para la cuantificación del impacto ambiental va a requerir mínimamente, dadas las características de este proyecto, una cantidad importante de ensayos y evaluaciones que implicarán un profundo análisis comenzando por:

Evaluación Ambiental: diagnóstico ambiental del área de influencia del proyecto, completa descripción y análisis de los recursos ambientales.

#### Análisis del medio:

##### *Medio Físico*

- Caracterización climática
- Geología - geomorfología
- Caracterización edafológica
- Recursos hídricos: caracterización, calidad, usos reales y potenciales, disponibilidad versus usos
  - Superficial
  - Subterráneo
- Atmósfera
  - Variables atmosféricas
  - Estudio local de calidad de aire

##### *Medio biológico*

- Flora
- Fauna

##### *Medio socio económico y de infraestructura*

- Caracterización poblacional
- Densidad poblacional
- Usos y ocupación del suelo
- Infraestructura de servicio

## **7.19. Conclusiones**

La selección del reactor se realizó en base a las condiciones económicas del sector tabacero, del mercado y experiencias desarrolladas en América Latina.

El costo de inversión de la planta de biogás asciende a un total de \$884.414,38, de los cuales los activos tangibles representan un 86,7%, los activos intangibles un 11,5%, el capital de trabajo un 0,8% y considerando un 1% para los imprevistos.

El tiempo estimado para construcción del biodigestor es de 6 meses y un período de 2 meses para la puesta en marcha.

El costo de funcionamiento de la planta asciende a \$138.277,7 anuales (35% respecto de los ingresos), compuesto por un 20% correspondiente a la operación y mantenimiento de las estructuras físicas, un 3% al transporte de materia prima, un 64% del costo de mano de obra y un 13% de seguros.

La depreciación de los activos tangibles y la amortización de los activos intangibles se estiman en un 33%, en 3 cuotas anuales y consecutivas al momento de aprobación del proyecto, haciendo uso del beneficio impositivo correspondiente al decreto N° 562/09 que aprueba la reglamentación de la Ley N° 26.190 del Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía, destinada a la Generación de Energía Eléctrica.

Este proyecto posee dos vías de ingresos: la primera mediante la venta de energía eléctrica producida a través de la transformación de biogás. La valoración de la energía se realizó mediante un análisis de tendencia y estacionalidad del precio monómico del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). El ingreso estimado por venta de energía eléctrica es de \$ 124.268,48 anuales que implican aproximadamente 500.000 kWh inyectados a la red.

La segunda vía de ingreso corresponde a la obtención del biofertilizante, que reduce el gasto en fertilizantes comerciales para el productor en un total de \$274.709,81 anuales. El biofertilizante fue valorado en función de su composición de NPK.

El valor de desecho del proyecto fue estimado a partir de lo que es capaz de generar desde el momento en que se evalúa en adelante (método económico) y su valor asciende a \$1.079.248,79.

El costo de inversión del proyecto es financiado en su totalidad por un sistema crediticio específico para proyectos alineados con la Producción Limpia y Preservación del medio Ambiente (Adquisición o Construcción de Plantas y/o Equipamiento con Aplicación Medioambiental) del Banco de la Provincia de Buenos Aires, con una tasa respectiva del 17,5%. El préstamo se amortiza mediante el Sistema Alemán, con un plazo máximo de 36 meses con 6 meses de gracia. Es de destacar en este punto que según una entrevista mantenida con el Gerente del BAPRO, el productor en cuestión, es sujeto de crédito y confirmó que inclusive podría acceder a créditos de un monto superior al requerido por este proyecto.

En la construcción del flujo de caja se aplicó un impuesto a las ganancias del 35% correspondiente a la Sociedad de Responsabilidad Limitada que conforma la empresa Los baguales, y se agregó un beneficio de 0,015 \$/kWh generado de acuerdo a la Ley 26.190 (Art.14).

#### *Análisis de la Evaluación Económica*

De los resultados obtenidos en la evaluación económica de este proyecto, se puede afirmar que la ganancia acumulada neta del proyecto (expresada en unidades monetarias del año cero) es de \$164.228,73 pesos.

Así mismo la tasa de retorno promedio anual que generaría este proyecto es de 21,2%. El período de recuperación (sin financiamiento) nos indica que la inversión se recobrará en el período 10<sup>mo</sup>.

#### *Análisis de la Evaluación Financiera*

La contribución del proyecto en términos de valor presente (considerando una deuda de \$884.814,4 pesos), durante los 10 años es de \$299.221,02 pesos.

Por otro lado la tasa interna de rendimiento promedio anual que generaría la inversión de este proyecto es del 34,1%.

El período de recupero de la inversión se logra en el 8<sup>vo</sup> año.

#### *Análisis de Sensibilidad*

Para el estudio de sensibilidad se analizaron las variables del precio de la energía y el precio del biofertilizante.

Ante una baja del 32,48% (0,1779 \$/kWh) del precio de la energía no se registran beneficios actualizados. Además queda evidenciado que el VAN es muy sensible ante una variación de este parámetro (valor absoluto de la elasticidad 5,16).

Del análisis estadístico del precio monómico surge que la probabilidad de ocurrencia de este evento es nula.

En cuanto al precio del biofertilizante, frente a una reducción del 14,7% (18,7682 \$/Tn) se deja de percibir valores positivos en el VAN y a su vez el análisis muestra que es notablemente elástico (valor absoluto de la elasticidad 12,60) ante los cambios en esta variable.

#### *Aporte de capital*

Se evaluó la variación de los costos financieros frente al aporte de capital. Los resultados refieren a que con un aporte del 50%, el período de recupero de la inversión se realiza en el 2<sup>do</sup> año.

Es de destacar que a parte de los beneficios monetarios de este proyecto, se obtienen también beneficios implícitos o externalidades no cuantificadas (exceden a este proyecto).

Se dejan de generar 2.604 TCO<sub>2</sub> al año valorizadas en el MDL a 41.664 \$/año (no se considera el ingreso al Mercado).

Todo esto suma a la consecución del objetivo principal del productor, alcanzar el saneamiento de su sistema productivo, con una tecnología que le permite reducir el impacto ambiental aportándole a su vez beneficios energéticos.

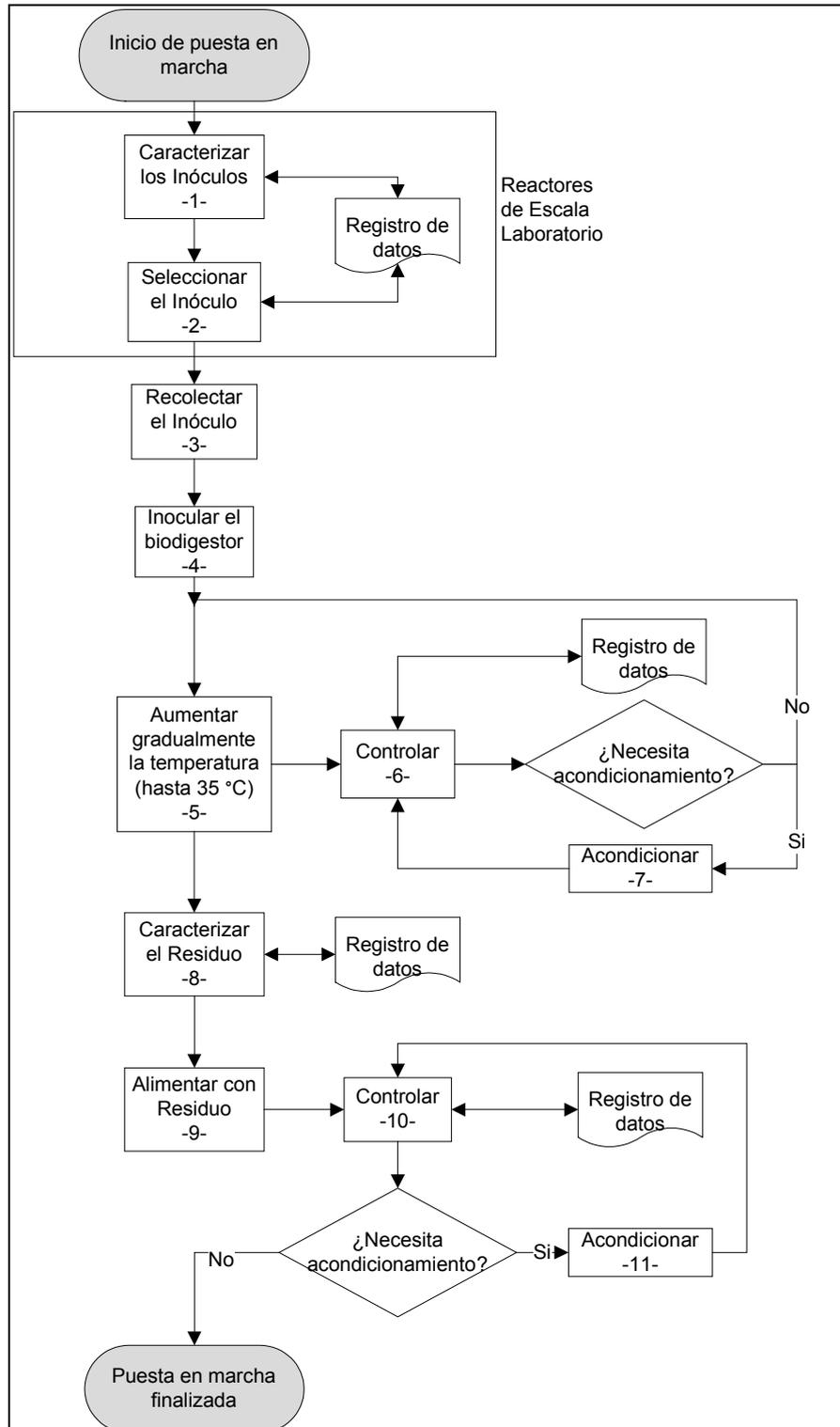
SECCION VIII  
PUESTA EN MARCHA, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO

---

## 8.1. Puesta en Marcha

La puesta en marcha tiene como objetivo la función de crear un ambiente óptimo para el desarrollo de los microorganismos metanogénicos, principales responsables de la generación de biogás y descomposición de la materia orgánica para comenzar con un correcto funcionamiento del biodigestor.

### 8.1.1. Proceso



**Figura 61. Diagrama de flujo del proceso de puesta en marcha**  
Fuente: INTA, UTN-FRTL, 2010.

### 8.1.2. Caracterización del inóculo

Es de suma importancia que el inóculo a utilizar contenga una buena proporción de microorganismos metanogénicos activos y sobre todo que persistan en las condiciones de operación del biodigestor.

Las floras anaeróbicas que pueden utilizarse como inóculo son:

- Floras anaeróbicas naturales provenientes de contenido ruminal fresco o de los residuos sólidos de establecimientos agropecuarios como del mismo tambo, criaderos de cerdos o caballos.
- Barros de un digestor en funcionamiento.
- Lodos provenientes de una laguna de estabilización para el tratamiento de líquidos cloacales o efluentes provenientes de establecimientos pecuarios.

Durante la recolección del mismo, se debe visualizar que en el lugar de recolección el residuo presente un color lo más oscuro posible, síntomas de un PH neutro, y al moverlo con una varilla deben desprenderse burbujas de gas, evidenciando microorganismos metanogénicos activos. Además se debe asegurar que dichos residuos no provengan de animales o residuos que hayan sido tratados con compuestos como antibióticos, desinfectantes y solventes clorados, etc., que pueden inhibir la flora microbiana del digestor. Otro factor importante a tener en cuenta es la edad del inóculo, ya que a menor edad y mayor proporción agregada dentro del reactor, mejor será la efectividad.

La caracterización se realiza por medio de análisis físico-químicos (Normalizados según APHA) que miden los siguientes parámetros:

- **% ST (Sólidos Totales).**
- **% SV (Sólidos Volátiles).**
- **Densidad ( $\rho$ ).**
- **PH**
- **Acidez-Alcalinidad**
- **Biogás Producido**
- **Porcentaje de CH<sub>4</sub> del Biogás.**

### 8.1.3. Inoculación

El inóculo cuyos parámetros se encuentre dentro de los límites que se presentan en la tabla 41, y además tengan la mayor producción de Biogás (mayor producción de CH<sub>4</sub>) será el inóculo correcto para el digestor.

Tabla 41  
Parámetros límites

<b>% ST</b>	<b>8 a 12 %</b>
<b>PH</b>	<b>6,5 a 7,5</b>
$\alpha = \frac{\text{Alcalinidad Parcial}}{\text{Alcalinidad Total}}$	<b>Mayor a 0,7</b>
$\frac{\text{Acidez}}{\text{Alcalinidad Total}}$	<b>Menor a 0,3 o 0,4</b>

Nota: Fuente: INTA, UTN-FRTL, 2010.

Cabe destacar que el inóculo con mayor %SV tendrá mayores posibilidades de producir una cantidad más grande de Biogás. En cuanto al %ST, generalmente la digestión anaeróbica se encuentra estable en un rango de 8 a 12 %, aquel que presente un grado mayor de ST debe ser diluido para su ingreso en el biodigestor.

La composición de Biogás que es factible encontrar durante la realización de la caracterización en el biodigestor es la que se muestra en la Tabla 57.

Tabla 42  
**Composición del biogás**

<b>Biogás</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>55 a 70 %</b>
	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>27 a 45 %</b>
	<b>SH<sub>2</sub></b>	<b>Menor a 1%</b>
	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>0,5 a 3 %</b>
	<b>H<sub>2</sub></b>	<b>1 a 3 %</b>

Nota: Fuente: INTA, UTN-FRTL, 2010.

Si bien la producción de gas que debe importar para la elección del inóculo es la acumulada, es decir el Biogás total producido durante el periodo de retención hidráulica, el gradiente de producción diaria de Biogás puede variar en función de su composición.

En la inoculación del biodigestor se deben realizar las siguientes operaciones:

- **Dilución:** Si el inóculo seleccionado presenta un % ST mayor a 10%, deberá diluirse hasta el porcentaje adecuado  
El volumen de inóculo a ingresar estará en función del *Volumen de trabajo* del digestor y de la relación entre el inóculo y la cantidad de agua.
- **Agitación:** La agitación es necesaria para una correcta homogeneización de la mezcla inóculo-agua, además favorece a la degradación de la materia orgánica y la distribución de la temperatura dentro de todo el volumen del digestor.
- **Encendido de la caldera:** Las bacterias metanogénicas se desarrollan en forma óptima dentro de un rango de temperatura de  $35 \pm 2$  °C (temperatura mesofílica), esta debe mantenerse constante ya que los microorganismos son muy sensibles a los cambios bruscos, por lo tanto es necesario que la aclimatación del digestor se produzca con pequeños saltos de temperatura durante un periodo de tiempo prolongado (20 a 25 días).  
Si bien el biodigestor es calefaccionado, es conveniente comenzar la inoculación durante la primavera, ya que al ser la temperatura ambiente más elevada el gradiente o saltos de temperatura será menor y por ende una puesta en marcha más rápida y con menos cuidados.
- **Agregado de gas inerte:** Se aconseja el agregado nitrógeno al digestor desplaza el oxígeno remanente existente en su interior, favoreciendo la anaerobiosis del sistema. Si bien esta operación es importante ya que adelantaría el tiempo de generación de un ambiente anaeróbico, puede saltarse debido al costo que genera.

#### 8.1.4. Aclimatación

La aclimatación del Biodigestor hasta la temperatura mesofílica debe realizarse en forma lenta y con pequeños salto de temperatura.

Este proceso puede efectuarse según la siguiente secuencia:

- En el primer día se comienza con una temperatura de 20 °C.
- Durante los días 2 a 8 se incrementa 2 °C diarios la temperatura.

- Del día 6 al 8 se mantiene constante en la temperatura alcanzada (30°C aproximadamente) con el objetivo de adaptar las bacterias metanogénicas a dicha temperatura.
- Durante los días 8 a 10 se incrementa la temperatura en 1°C diario.
- Los siguientes 15 días se mantiene constante.
- En los siguientes 2 se logra alcanzar la temperatura mesofílica (35°C) incrementando 1,5°C diarios.
- Durante los siguientes 3-7 días se mantiene constante la temperatura alcanzada, con la finalidad de lograr la adaptación de los microorganismos metanogénicos a la temperatura de trabajo.

La inoculación y el aumento gradual de temperatura van acompañado de generación de biogás, que quedará en evidencia con la elevación de la membrana. Es importante no utilizar este biogás, ya que puede contener aire o mucho anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), este debe ser venteado a la atmósfera.

### 8.1.5. Control

Durante el periodo de tiempo que tarda la inoculación y el aumento de temperatura se deben controlar los parámetros detallados más abajo, mediante la realización de análisis físico-químicos, con el objetivo de que la degradación de la materia orgánica se mantenga dentro de los parámetros óptimos de funcionamiento y además generar una base de datos que sirva para tomar decisiones correcta en situaciones futuras.

- **pH:** rango en Sección VI
- **Redox:** rango en Sección VI
- **Temperatura interna:** el control de la temperatura es de suma importancia por motivos que ya fueron expuestos. Como en esta etapa la biodigestor se encuentra en un proceso de aclimatación, este parámetro debe indicar la temperatura propuesta para cada una de las etapas de aumento gradual de temperatura. Si este proceso de adecuación se desarrolla normalmente no debería registrarse una disminución de la temperatura durante todo su tiempo de duración.
- **Presión interna:** Este parámetro permitirá realizar una correcta adaptación de los equipos como así también determinar la existencia pérdida y/u obstrucciones del sistema.
- **Biogás Producido:** La generación de biogás es un parámetro de estabilización del proceso, la ausencia o disminución indica la interrupción de dicho proceso, es decir, la inhibición de la fase de metanogénica causada por un cambio en las condiciones ambientales óptimas del digestor (acidificación del sistema, variación de temperatura de trabajo, etc.).

### 8.1.6. Acondicionamiento

Cuando los parámetros analizados se encuentran fuera del rango permitido, se debe proceder a un acondicionamiento y conseguir la estabilidad del sistema.

En la Tabla 3 se muestran los parámetros óptimos de desempeño del digestor.

Tabla 43  
**Parámetros óptimos**

<b>PH</b>	<b>6,5 a 7,5</b>
<b><math>\alpha</math></b>	<b>Mayor a 0,7</b>
<b><i>Acidez</i></b> <b><i>Alcalinidad Total</i></b>	<b>Menor a 0,3 o 0,4</b>
<b>% ST</b>	<b>8 a 12 %</b>
<b>Temperatura interna</b>	<b>36 ± 2</b>
<b>Presión interna</b>	<b>Entre 0,4 mmH<sub>2</sub>O y 0,7 mmH<sub>2</sub>O</b>

Nota: Fuente: INTA,UTN-FRTL, 2010.

### Parámetros de acondicionamiento:

- **PH:** La acidificación del digestor puede corregirse mediante al agregado de bases que neutralicen el sistema, sin embargo la mejor forma de corregir el sistema es esperar a que se estabilice solo. Algunas de las sustancias químicas que se utilizan son:
  - *Bicarbonato de Sodio*, agregado sin purificar en una cantidad de 3kg/m<sup>3</sup>.
  - Agregando una pequeña cantidad de *Agua de Cal*, para luego controlar nuevamente el PH; el líquido que sale por la cámara de descarga deberá neutralizarse con *Agua de Cal*, y en el caso que el PH no se haya corregido con la anterior operación deberá ser ingresado por la cámara de carga y realizar la medición del PH nuevamente. Se debe repetir el este ciclo hasta que el PH este dentro de los parámetros permitidos expuestos en la Tabla 43.
- **Temperatura interna:** La disminución de la temperatura interna puede deberse a un mal funcionamiento de la caldera o a un error en los sensores de medición.
- **Presión interna:** La variación de la presión puede deberse a una acidificación del sistema, que deberá corregirse como fue expuesto anteriormente, o por falta de temperatura.  
 La disminución de la presión también puede indicar la existencia de pérdidas en la instalación, esta debe localizarse con el uso de una esponja o pincel embebido en agua con poco detergente para luego repararse.  
 El aumento puede deberse a una obstrucción en el sistema de cañerías,

#### 8.1.7. Carga orgánica volumétrica inicial

Una vez estabilizada la temperatura mesófila (35°C) dentro de los parámetros correctos de funcionamiento se procede a realizar la carga inicial con el efluente. Es importante destacar que, al igual que la temperatura, debe realizarse un aumento progresivo de la carga diaria hasta alcanzar la *Velocidad de Carga* óptima estipulada en el diseño. La carga inicial a introducir en el reactor debe ser aproximadamente de ¼ de la velocidad de carga normal de alimentación.

$$Carga\ inicial = \frac{1}{2} \cdot VC = \frac{1}{2} \cdot \frac{kg\ SV}{m^3 \cdot dia}$$

Esta carga debe mantenerse por lo menos por un periodo igual al Tiempo de Retención Hidráulico. No se debe olvidar de agitar en el transcurso de este proceso.

El esquema de aumento gradual de la velocidad de carga, hasta alcanzar la del digestor, puede ser el siguiente:

- *Carga inicial* =  $\frac{1}{2} \cdot VC$
- *2<sup>da</sup> carga* = *VC*

#### **8.1.8. Control**

El control de los parámetros que a continuación se detallan, determinarán el grado de reducción del residuo y si el proceso de digestión se está desarrollando en forma correcta.

#### **Parámetros químicos de carga y descarga**

- *PH.*
- *Acidez-Alcalinidad.*
- *Conductividad Eléctrica (Ce).*
- *% ST.*
- *% SV.*
- *DBO.(Efluente)*
- *DQO. (Efluente)*
- *Fosforo total. (Efluente)*
- *Nitrógeno total. (Efluente)*

#### **Parámetros químicos de las muestras internas**

- *PH.*
- *Acidez-Alcalinidad.*
- *Conductividad (Ce).*
- *% ST.*
- *% SV.*

#### **Parámetros físicos de control**

- *Temperatura interna.*
- *Presión interna.*

### 8.1.9. Acondicionamiento

Tabla 44  
Parámetros físico-químicos

PH	6,5 a 7,5			
$\alpha$	Mayor a 0,7			
<i>Acidez</i> <i>Alcalinidad Total</i>	Menor a 0,3 o 0,4			
% ST	8 a 12 %			
DBO <sup>1</sup>	≤ 50	Para vuelcos en aguas superficiales (mg/l)	≤ 200	Para vuelcos en suelos (mg/l)
DQO <sup>1</sup>	≤ 250		≤ 500	
Fosforo total <sup>1</sup>	≤ 1		≤ 10	
Nitrógeno total <sup>1</sup>	≤ 35		≤ 105	
Ce <sup>2</sup>	Menor o igual a 4			
Temperatura interna	36 ± 2			
Presión interna	Entre 0,4 mm H <sub>2</sub> O y 0,7 mm H <sub>2</sub> O			

1-Según resolución 336/2003 de AGOSBA, los parámetros presentados para vuelcos en suelos son para descargas puntuales.

2-Según normas de Riverside (US Salinity Laboratory, 1951), el parámetro presentado establece el límite para el riego o fertirrigación del efluente.

Los parámetros físico-químicos fuera de control se corrigen de la siguiente manera:

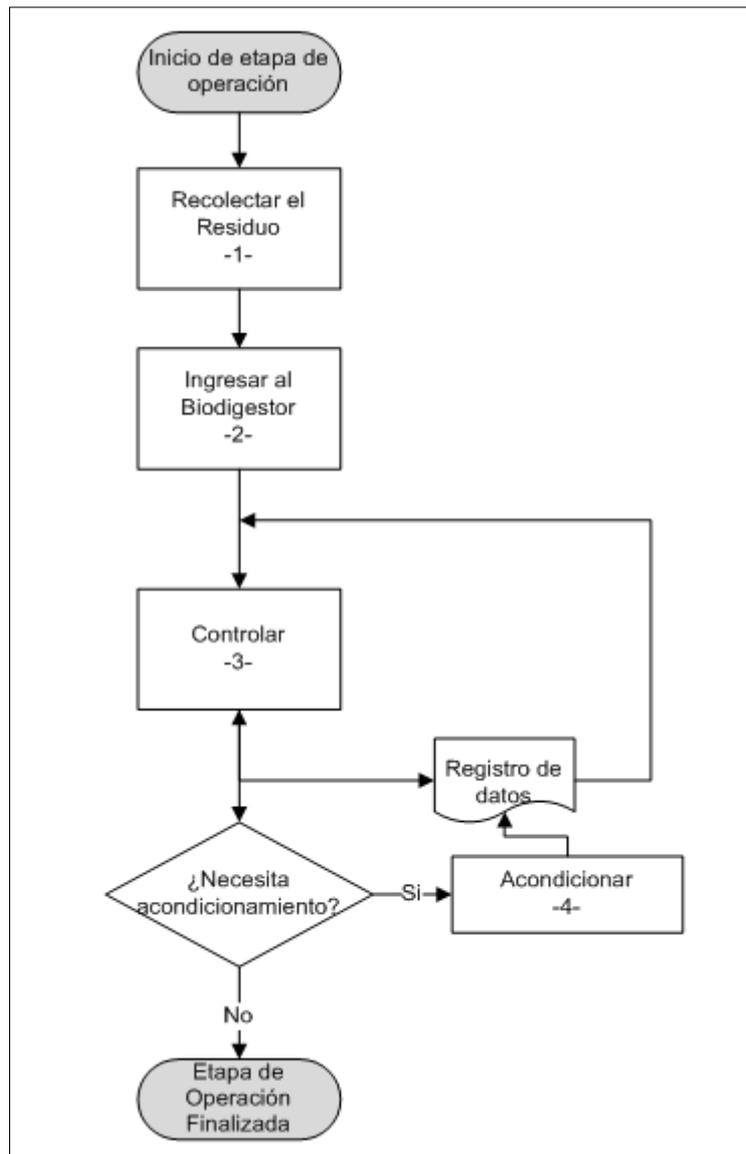
- **PH:** La mejor forma de corregir la acidificación del reactor en esta etapa es suspendiendo la alimentación diaria hasta que el PH se estabilice.
- **%ST, Temperatura y Presión Interna:** Estos parámetros se corrigen de la misma forma que se ha descrito.
- **DBO, DQO, Nitrógeno Total, Fosforo Total:** Cuando el efluente no presenta parámetros para vuelcos tanto en suelos como en aguas, se deberá pensar en un post-tratamiento a fin de estabilizarlo.

Una vez completa la 3<sup>ra</sup> carga y finalizado el periodo de adaptación requerido para esta, se comienza alimentar con la *Velocidad de Carga* diseñada para el digestor. Esto da por finalizado el proceso de puesta en marcha.

### 8.2. Operación

El objetivo de la etapa de operación atiende al objetivo intrínseco que se persigue en la Digestión Anaeróbica, la degradación de materia orgánica del influente (efluente de tambor en este caso) en un ambiente controlado, con producción de biogás y un efluente semilíquido apto como biofertilizante.

### 8.2.1. Proceso



**Figura 62. Diagrama de flujo del proceso de operación del biodigestor.**

Fuente: Adaptado de INTA, UTN-FRTL, 2010.

### 8.2.2. Recolección del efluente y carga al biodigestor

La cantidad de residuo a ingresar estará dada por la “*Velocidad de Carga*” previamente calculada durante la etapa de diseño.

Análogamente la cantidad de agua estará en función del %ST del residuo y la cantidad de sólidos de trabajo dentro del digestor, determinados en ensayos previos, durante el diseño del reactor.

La agitación durante esta etapa es esencial, así como también una vez finalizada la misma, ya que distribuye y homogeniza la mezcla ingresada con la residente en el interior del digestor.

### 8.2.3. Control

Los controles a realizar en esta etapa son los mismos que en la etapa de Puesta en Marcha.

### 8.2.4. Acondicionamiento

Los parámetros que indican la estabilidad de la degradación de la materia orgánica del residuo, al igual que su acondicionamiento por eventual desvío fueron establecidos en la tabla 44.

## 8.3. Mantenimiento, Limpieza y Seguridad

La función del mantenimiento es sostener la operatividad del digester en las óptimas condiciones de funcionamiento.

La limpieza y la seguridad minimizan los riesgos de accidentes, y embellecen el ambiente.

### 8.3.1. Mantenimiento

El mantenimiento de un biodigester es imprescindible para un correcto funcionamiento de sus procesos.

El tipo de mantenimiento a desempeñar en un digester es un mantenimiento de inspección, garantizando las óptimas condiciones de funcionamiento. Este plan de mantenimiento exige, principalmente, tareas de corto tiempo de ejecución pero de realización periódica.

Debido a que el proceso de degradación es sensible a los cambios del ambiente, un equipo fuera de control o una instalación defectuosa, puede producir desde la desestabilización del proceso de degradabilidad del residuo hasta un accidente de trabajo de graves consecuencias.

Las tareas de mantenimiento son:

- **Verificación del correcto funcionamiento de los caudalímetros:** un caudalímetro que no funciona correctamente no solo puede deberse a que el equipo esté averiado, sino que puede estar mostrando una desestabilización del reactor. Las posibles causas de que el caudalímetro este detenido pueden ser:
  - Caudalímetro roto.
  - Que no se esté produciendo biogás:
    - Por falta de temperatura.
    - Acidificación.
  - Cañerías tapadas con agua (verificar filtros y trampas de agua).
- **Control de agitadores y motores de agitación:** Debido a la criticidad de la agitación en el proceso, es de suma importancia que los agitadores estén funcionando correctamente. Una mala o nula agitación puede ocasionar que se produzca la estratificación de los barros, generándose una masa de elevada densidad muy difícil de tratar y/o evacuar. Algunos indicadores de este problema pueden ser:
  - El motor del agitador no funciona, puede deberse a que saltó el guarda motor termo-magnético debido a cortocircuito o sobrecarga del motor y al intentar nuevamente conectarlo vuelve a saltar el guarda motor. Si sucede esto es porque ya se produjo la sedimentación de los barros o existe un cortocircuito en alguna parte de la instalación del motor.
  - El motor gira pero el eje del agitador no, esto puede deberse a una ruptura del perno de unión entre el eje del agitador y el motor.

- En el peor de los casos y más difícil de darse cuenta es el de la ruptura del eje del agitador o de las paletas.
- **Control y pérdidas de cañerías de gas:** Las pérdidas en cañerías de gas se pueden clasificar en dos grandes secciones, las cañerías que llegan e ingresan al gasómetro y las que parten del él. Con la condición de que el proceso esté estable (para no asignar la disminución de generación y quema de biogás a una desestabilización del sistema) y el sistema de trampas de agua y SH<sub>2</sub> están en correcto funcionamiento, las pérdidas en cañerías queda en evidencia si:
  - El caudalímetro que indica la generación de biogás se encuentra parado o disminuye su gradiente diario.
  - Generación de burbujas al recorrer las cañerías con una solución de agua jabonosa.
- **Sello hidráulico:** Debe cuidarse que el sello hidráulico mantenga el nivel óptimo para que no haya a pérdidas de biogás. Para ello debe reponerse el agua perdida por evaporación.
- **Control de estructura física del biodigestor:** Debido a que el biodigestor estará sometido a las variabilidades del medio ambiente (cambios de temperatura, clima, etc.), es necesario controlar el estado de la *estructura del biodigestor*.
- **Microturbina:** se recomienda realizar el mantenimiento cada 16.000 hs de uso (26 meses) por personal especializado.
- **Control de los elementos de seguridad:** Los elementos de seguridad deben estar en correcto estado y disponibilidad a la hora de realizar las tareas de operación y mantenimiento. Entre los elementos de seguridad a controlar, los más importantes son:
  - Elementos de protección personal.
  - Matafuegos
  - Estado de las señalizaciones.
  - Elementos de higiene personal.
  - Elementos primeros auxilios, etc.

Las tareas de mantenimiento, al igual que los otros procesos, deben quedar registradas en una base de datos a los efectos de correlacionar el estado del biodigestor con los parámetros físico-químicos, y además, tener un registro de las actividades cumplidas y/o propuestas.

### 8.3.2. Limpieza

La limpieza del área del biodigestor no solo persigue un fin estético, sino también de higiene y seguridad para los operadores que desempeñan el trabajo cotidiano. La falta de limpieza y orden es un generador de accidentes.

Entre las tareas que se deben realizar se encuentran:

- Cortar el pasto circundante.
- Limpieza de herramientas y demás objetos de utilización diaria
- Orden de las herramientas de trabajo.
- Limpieza del sello hidráulico.
- Limpieza de los elementos de protección personal

### 8.3.3. Seguridad

El desempeño de las tareas de operación y mantenimiento de un biodigestor trae aparejado un potencial riesgo para la salud tanto para los trabajadores como para las personas aledañas al lugar.

Es importante conocer los peligros del biogás para así establecer zonas de riesgos, definiendo reglas y protecciones necesarias, como también los equipos adecuados, a fin de realizar el diseño seguro de una planta de producción de biogás.

El gas resultante del proceso de digestión anaeróbica es explosivo y tóxico, más liviano que el aire, incoloro, con fuerte olor a huevo podrido, tóxico y combustible.

Se compone de un conjunto de gases de características físico-químicas y toxicidad distintas.

Conociendo las características del biogás, es posible analizar sus riesgos asociados.

### 8.3.3.1. Peligros del biogás en una planta de tratamiento

Según Bradfer, J. F. (2002), el mayor riesgo del biogás es principalmente su inflamabilidad y explosividad al combinarse con el oxígeno contenido en el aire. La mezcla es peligrosa con una concentración de metano entre 5 y 15%. El biogás está compuesto de  $\text{CO}_2$  con efecto asfixiante (si  $\text{O}_2 < 18\%$ ), y  $\text{H}_2\text{S}$  tóxico (mortal si  $>50 \text{ mg/m}^3$ ). Estos dos gases son más pesados que el aire lo que implica un riesgo de acumulación en zonas bajas de recintos cerrados (cámaras, pozos, etc.).

El peligro de asfixia o toxicidad del biogás puede resolverse mediante ventilación natural, detectores de gas y procedimientos para entrar en lugares de riesgo (detector portátil, equipo autónomo de respiración, etc.).

### 8.3.3.2. Definición y ubicación de las zonas de peligro

Las normas Norteamericanas y Europeas al respecto han identificado 4 zonas. Estas zonas son identificadas según la frecuencia de fuga y se deben ubicar claramente dentro de una PTAS.

Una Zona 0 puede ser el interior de un digestor, gasómetro, incluyendo además toda la tubería de biogás con sus componentes. Una Zona 1 corresponde a un lugar donde en funcionamiento normal hay presencia de gas, la cual se determina en un radio de 3 metros alrededor del punto emisor, de un alivio de gas, un drenaje o una válvula. Una Zona 2 se observa con una frecuencia de ocurrencia menor, o también se extiende a tres metros más allá de una Zona 1, excepto condiciones particulares.

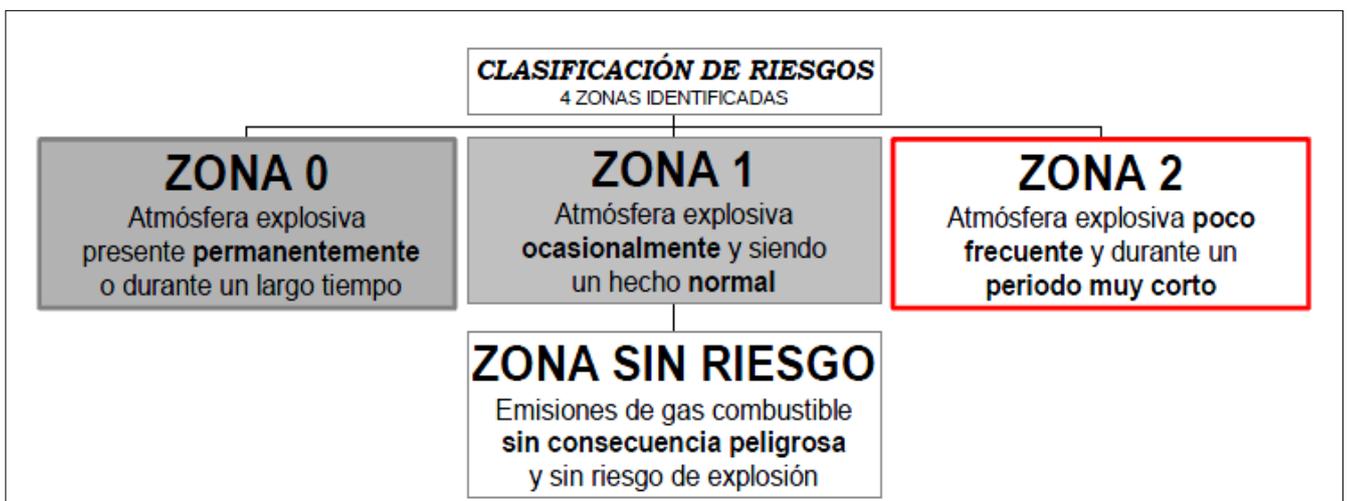


Figura 63. Definición de las cuatro zonas de peligro de explosión

Fuente: Adaptado de Bradfer, J. F. 2002.

### 8.3.3.3. Análisis y protecciones para las zonas de riesgo

Se debe definir la clasificación de motores y/o instrumentos, o modificar cualquier diseño (ubicación de equipo, ventilación, muro etc.), para determinar la clase de una zona realizando una inspección general de la Planta. No sólo se debe considerar un punto de vista "estático" del sistema, sino también fenómenos dinámicos que implican desplazamiento de gas (recordar que el H<sub>2</sub>S es más pesado que el aire, y el metano más liviano) con riesgo de acumulación o explosión de una mezcla combustible dentro de un tubo, al igual que el desplazamiento de una llama hasta un punto lejano considerado inicialmente como fuera de zona de riesgo. Entonces, hay que ampliar el horizonte de análisis, incluyendo otros conceptos como físico constructivo y de causa a efecto.

Por ejemplo, una cámara cerrada en cuyo interior hay un equipo de purga de agua condensada proveniente de una tubería de transporte de biogás, la cual está fugando.

Por otra parte, el H<sub>2</sub>S se acumula hacia abajo.

Después de definir las zonas de riesgo, y habiendo tratado de rebajar su clasificación, es absolutamente necesaria la determinación y ubicación física de las zonas de riesgo, para delimitar y clasificarlas según sus niveles de peligrosidad, lo cual podrá ser representado en un plano.

Este documento es la herramienta para las siguientes disciplinas:

- Electro-mecánica (selección de motores, mecanismos, etc.).
- Instrumentación (selección de equipos).
- Eléctrica (paneles, cables, trazado de ductos, luminarias, interruptores, etc.).
- Seguridad (detectores de gases, procedimientos de seguridad, etc.).
- Civil (muros resistente al fuego, puertas de escape corta fuego, ventilaciones, etc.).

Las posibles fuentes de explosión asociada al biogás no se limitan sólo a equipos energizados y la propagación de la llama no se confina sólo a un espacio delimitado alrededor del origen. Las llamas, o deflagración, pueden ir más allá de lo teórico y sus fuentes de propagación pueden ser otras además de las eléctricas: un cigarrillo, una chispa provocada ocasionalmente por la caída de una herramienta, etc.

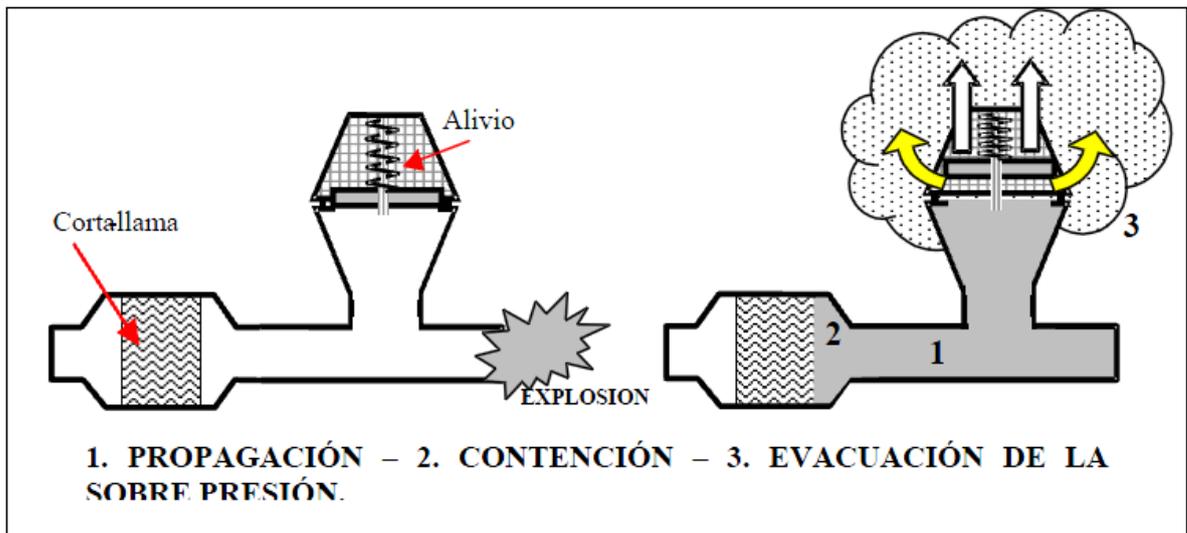
Determinadas las zonas de riesgo y definidos los equipos adecuados, se debe también considerar la región interna de las tuberías y analizar hasta donde podría llegar una inadvertida llama para seleccionar y equipar el sistema de elementos o accesorios de seguridad.

### 8.3.3.4. Accesorios de seguridad

Gracias a la industria de extracción y refinamiento del petróleo, se han desarrollado elementos de seguridad que permiten confinar la propagación de una llama o deflagración. Estos elementos pueden ser pasivos o activos. A diferencia de un elemento pasivo que puede solamente confinar una llama, un elemento activo al mismo tiempo elimina la fuente combustible, cerrando el paso del gas hacia las llamas, o evacuando una deflagración fuera del sistema cerrado.

Como elemento pasivo, el arrestador de llama se compone de una malla o un conjunto de láminas metálicas concéntricas, de alta capacidad calórica actuando como un bloqueador de calor cuando llega una llama, disminuyendo el calor producido por la inflamación e impidiendo la propagación de la combustión. En un tramo largo de tubería, una válvula de

alivio permitirá evacuar la sobrepresión para proteger los equipos si se requiere, siendo por lo tanto un sistema activo.



**Figura 64. Propagación de una llama “bloqueada” por un accesorio de seguridad.**

Fuente: Adaptado de Bradfer, J. F. 2002.

Identificados todos los puntos posibles de ignición en el circuito de biogás (alivio de un digestor, toma muestra, máquina rotativa, quemador), se deben seleccionar y ubicar los accesorios de seguridad, conociendo la función de cada uno y los riesgos que pueden correrse (peligro de muerte, destrucción de material, deflagración dentro de un tubo, etc.). En la protección de operadores e instalaciones dentro de la Planta, no debe limitarse al uso de equipos adecuados y sofisticados. También debe existir un plan de operación y control de la Planta que deberá ser aplicado durante la operación normal y los incidentes.

### 8.3.3.5. Plan de operación y control

Se debe realizar un Plan de Control al momento de desarrollar el diagrama de proceso e instrumentación. Se debe imaginar minuciosamente todos los riesgos que podrían ocurrir, ya sea por falla humana o de un mecanismo o instrumento, catástrofe natural, accidente ocasionado por un agente externo al recinto, ruptura de tubería, corto circuito, etc.

Se determinará la importancia del riesgo y las medidas a tomar, que sean simples alarmas, resolutivas en forma automatizada o manual, inspecciones o mantenimientos rutinarios, restricción de zonas, etc. o la combinación de algunas.

La biodigestión implica convivir con peligros de explosión, incendios, riesgo biológico, peligro de lesiones, entre muchos otros.

Por este motivo es necesario tomar las siguientes precauciones:

- Tener colocados matafuegos, de acuerdo al tipo y cantidad de material combustible, al alcance rápido de los trabajadores. (Carro de AFFF, 70 kg y CO<sub>2</sub>, 7 kg)
- Sistema de para-rayos: la caída de un rayo en el biodigestor, gasómetro o casilla de máquinas puede ocasionar graves daños y la destrucción total de las instalaciones y daños a personas. También puede ocasionar la explosión del biodigestor o el gasómetro. Es imprescindible que se instale un sistema de para rayos en el biodigestor.

- Es recomendable que cuando se trate de instalaciones mayores de 65kw de potencia instalada se tomen precauciones más específicas para evitar incendios en una planta de biogás. Se deben analizar los siguientes aspectos que pueden ser desarrollados con la asesoría del cuerpo de bomberos local. Estos se refieren a los siguientes puntos: alerta, detección, alarma y actuación.
- Las técnicas más comunes de control son la detección y alarma, la supresión automática de incendio están diseñados e instalados para controlar o extinguir fuegos no deseados, siendo más comunes los sistemas automático de sprinklers. Se recomienda seguir las siguientes normas y precauciones para evitar incendios en el exterior o en el cuarto de máquina o donde se produzca la fuga de biogás.
- No fumar en las instalaciones
- Se recomienda cumplir para todos los equipos electromecánicos como interruptores, motores, bombas, tableros instalados en cuartos cerrados las normas ATEX<sup>1</sup> o su equivalente en Argentina.
- La instalación eléctrica se debe realizar con conductores de cobre blindado y accesorio antidefragantes. Ajustándose al grado de clasificación 3 y 6 de instalaciones de riesgo de incendios o explosión
- Frente a una pérdida de gas, cerrar todas las válvulas, reparar la falla y verificar con agua jabonosa. Esto se debe a que no sólo el biogás puede llegar a ser tóxico sino que en concentraciones de 1:5 a 1:15 cualquier chispa puede encenderlo y desatar una explosión.
- Utilizar elementos de protección personal (máscaras, botas, guantes, protección para la vista, delantales, etc.) adecuados para el trabajo con efluentes de tambo, para el inóculo y para cualquier otra tarea que acarree un riesgo para la salud.
- Señalización de advertencia de riesgos eléctricos, explosiones, caídas y todos aquellos que se pueden encontrar en el predio del biodigestor.
- Orden y limpieza.
- Se debe higienizar con agua y jabón luego de finalizadas las tareas en el digestor, para evitar proliferación de plagas y mantener las condiciones de seguridad e higiene del trabajador.
- En caso de no saber actuar frente a un problema, llamar a un técnico especialista. No es admisible soluciones que no garanticen la seguridad.
- Instalación de un botiquín de primeros auxilios con sus respectivos números de emergencia.

#### **8.4. Conclusión**

La puesta en marcha conlleva las actividades de selección del inóculo óptimo para comenzar el procesos anaeróbico de digestión, se recolecta y carga al biodigestor. A su vez se realiza el aumento gradual de la temperatura para generar el ambiente propicio para la actividad bacteriana, acciones que llevan un total de 68 días (2 TRH). Mientras se

---

<sup>1</sup> **ATEX**: Es la denominación abreviada de la directiva europea 94/9/CE para la puesta en circulación de aparatos, componentes y sistemas de protección eléctricos y mecánicos con protección contra explosiones. Entró en vigor el 1 de julio de 2003 y desde entonces se aplica a todos los aparatos y dispositivos de protección nuevos.

debe realizar el control de los parámetros de funcionamiento del sistema que aseguran la continuidad del proceso biológico. Ante cualquier variación se debe realizar el acondicionamiento respectivo.

Durante la etapa de operación se pretende mantener el proceso de degradación controlado para lograr una óptima generación de biogás y biofertilizante. Para ello, se deben realizar las acciones necesarias de mantenimiento y limpieza dentro de la planta. En cuanto a las condiciones de seguridad se debe esencialmente concientizar al personal de que se trabaja en una planta de generación de combustible, y como tal, deben atenerse a determinadas normas de seguridad para evitar explosiones, emanación de gases o derrames de lixiviados que pueden poner en riesgo la salud de las personas y las instalaciones.

# BIBLIOGRAFIA

---

- AquaLimpia Beratende Ingenieure, (2009). *Dimensionamiento y diseño de biodigestores y plantas de biogás, manual de usuario 3.0*. Alemania: autor.
- Auge, M. (2004). Regiones Hidrológicas República Argentina y Provincias de Buenos Aires, Mendoza, Santa Fe, Buenos Aires, Argentina. Disponible en <http://www.gi.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Reg-Hidrogeo.pdf>
- Baena paz G. (2006). *Construcción de escenarios: toma de decisiones y consecuencias*. Maestría en prospectiva estratégica. (Paper en proceso, derechos reservados). Instituto Tecnológico de Monterrey.
- Barrenechea, P. (2006). *Evaluación de Incentivos Económico-Financieros para la Gestión Ambiental y Producción más Limpia Proyecto "Competitividad y Medio Ambiente: MERCOSUR SGT No 6 / GTZ. Informe Final*, Abril, 2006. Uruguay.
- Bartomeu, O. (2008). *Digestión anaeróbica en granjas*. 21 de mayo. Pamplona, España. Recuperado el 13 de febrero de 2012 de <http://www.itgganadero.com/docs/itg/docs/2008/Biogasbiovec.pdf>
- Boixadera, J. (2006). *Uso agrícola de deyecciones ganaderas. Planes de fertilización*. Conferencia sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas. Expoaviga (5372), Octubre, 2006. España, Barcelona: GIRO.
- Bonmatí, A. y Magrí, A. (2006, Octubre). *Tecnologías aplicables en el tratamiento de las deyecciones ganaderas: un elemento clave para mejorar su gestión*. Conferencia sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas. Expoaviga (73102). España, Barcelona: GIRO.
- Botero Botero, R. y Preston T. R. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas*.
- Bradfer, J. F. (2002). *Riesgos y seguridad en el manejo del biogás en una planta de tratamiento de aguas servidas*. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, del 27 al 31 de Octubre de 2002. Cancún, México.
- Canet R., Ribó M., Pomares F. y Albiach M. (2006) *Caracterización y potenciales impactos ambientales de las deyecciones ganaderas*. Conferencia sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas. España, Barcelona: GIRO Gestión Integral de Residuos Orgánicos.
- Castellanos Vásconez, J. G. (2011). *Caracterización y estudio económico del proceso de bio-digestión de excrementos de ganado vacuno como alternativa para obtener biogás y abonos en una hacienda de producción lechera de la Sierra Ecuatoriana*. Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos para optar por el título de: ingeniería agroindustrial y de alimentos. Trabajos de Titulación 2011(TIAG): [57], Universidad de las Américas, Ecuador.
- CCAD, PNUD, GEF (2002). Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. *Proyecto Para La Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano*. Serie Técnica. Managua, Nicaragua: Radoslav Barzev.
- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, (2009). *Energías renovables para el desarrollo rural*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, Secretaría de Extensión Universitaria, Universidad Tecnológica Nacional (2007). *Costos y precios del Transporte de Cargas*. En *El Transporte Automotor de Cargas en la Argentina* (Cap. 8). Recuperado el 8 de Diciembre de 2011, de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/transporte/capitulos.htm>

Charlón, V., Taverna M., Walter E. y Manzi, F. (2004, Febrero). *Riego por aspersión: un posible destino de los efluentes del tambo*. Santa Fe, Rafaela: INTA. Recuperado el 14 de noviembre de 2011 de [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/art\\_divulgacion/ad\\_0008.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/art_divulgacion/ad_0008.htm)

Crespo, D., Dido, C., Bres, P., Beily, M.E., Rizzo, P. y Gutierrez, A. (2009). *Estudio Preliminar del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de un Modelo de Reactor Anaeróbico a Escala Piloto*. III Congreso de Ingeniería Industrial. Oberá, Misiones: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

Crozza D. y Pagano A. (2008). *Conversión energética de los desechos biomásicos mediante la biotecnológica anaeróbica*. Facultad de Ingeniería Química UNICEN. Buenos Aires. Recuperado de [http://www.ihdp-argentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Crozza\\_Pagano-conversion%20energetica%20de%20los%20desechos.pdf](http://www.ihdp-argentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Crozza_Pagano-conversion%20energetica%20de%20los%20desechos.pdf)

Diaz R. y Rolando A. (2000). *Tratamiento de los residuos de tambo por digestión*. XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS) del 3 al 8 de Diciembre de 2000. Porto Alegre, Brasil.

Espinosa, Hilbert y Bogliani (1983). *Biogás, energía y fertilización*. Castelar, Buenos Aires: INTA.

Fernández, E. y Enríquez, M. (2010). *Metodologías para la evaluación y mejora del impacto ambiental de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía*. Trabajo Fin de Máster de Zootecnia y Gestión Sostenible. Ganadería Ecológica e Integrada. Andalucía, España.

Galetto, A. (2008). *El mercado internacional de leche y productos lácteos: situación actual y factores que explican su comportamiento*. XXI Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina.

Gerardi, M. H. (2006). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

Gestión Integral de Residuos Orgánicos (GIRO)(2006, Octubre). *Conferencia sobre Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas*. Expoaviga, 26 de Octubre 2006. España, Barcelona: autor.

GFA Invest (2011). *Oportunidades para el Financiamiento de Proyectos de Energía Renovable*, Mayo, 2011. Argentina, Buenos Aires.

González Pereyra, A., Catracchia, C.G., Flores, M. y Herrero, M.A. (2007). *Efecto del riego con efluentes sobre el comportamiento en pastoreo de vacas lecheras*. In Vet. 2007, 9(1): 137-144 .ISSN (papel): 1514-6634.ISSN (on line) 1668-3498

Gropelli, E. y Giampaoli O. (2001). *El camino de la biodigestión*. Santa Fé, Argentina : Fundación Proteger-Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral.

Guardado Chacón, J. (2007). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas*. Ciudad de la Habana, Cuba: Cubasolar. Disponible en [www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

Guardado Chacón, J.A. (2006). *Tecnología de biogás. Manual del usuario*. Cuba, La Habana: Cubasolar.

Guevara Vera, A. (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales. Producción de gas y saneamiento de efluentes*. Lima, Perú: OMS

- Guevara, I. Cuando las vacas cambian el clima. Recuperado de <http://www.infortambo.com.ar/admin/upload/arch/088-089%20emisiones%20berra.pdf>
- Gutiérrez S. y Cabrera N. (2006). *Estimación de los parámetros nacionales y básicos para el procesamiento y utilización de los residuos sólidos y líquidos de tambos, informe final*. Proyecto INIA-FPTA n° 138. Uruguay: INIA
- Herrero, A. (2010). Efluentes del tambo, ¿algo molesto a eliminar o un recurso a utilizar?. *Producir XXI*, 19(230):68-71. Buenos Aires. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/instalaciones\\_tambo/164-efluentes.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/instalaciones_tambo/164-efluentes.pdf)
- Herrero, M. y Gil, S. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral* (18). Diciembre, 2008. Buenos Aires, Argentina.
- Hilbert, J. (2010). *Manual para la producción de biogás*. Recuperado el 4 de abril de 2010 en <http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2007, 4 de Mayo). *Particularidades de los efluentes generados en tambos pastoriles*. Luján, Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (2006). *Qué hacemos con los efluentes de tambo*.
- Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía (2007, Octubre). *Biomasa. Digestores anaeróbicos*. Madrid, España: IDEA
- INTA-UTN, FRTL (2010). Manual de biodigestor horizontal Plug-Flow para tratamiento de la fracción orgánica de los R.S.U. Manuscrito no publicado.
- Kotler, P. (1989) *Mercadotecnia*. (3ª Ed.) México: PHH Prentice Hall.
- Lanardonne, T. (2011, Julio). *Notas sobre la regulación de las energías renovables en la Argentina*. Revista del Colegio de Abogados de la Ciudad de Buenos Aires, 71 ( 1). Recuperado el 10 de diciembre de 2011 de <http://www.colabogados.org.ar/larevista/index.php?idrevista=13&origen=3>
- López Amador, P. y Solà Pagès, A. (2008). *Sistematización y cuantificación de biodigestores. Áreas e impactos: social, económica y ambiental*. Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Costa Rica, San José: FMAN/PNUD.
- López Hernández, J.; Morgan Sagastume J.M. y Noyola Robles A. (2000). *Arranque de reactores anaerobios industriales: dos casos de estudio*. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 12, Morelia, 21-24 mar. 2000 Distrito federal, México. Recuperado el 20 de Mayo de 2009 de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&n>
- Mancuso, W. y Teran J.C. (2006). *El Sector Lácteo Argentino*. XXI Curso internacional de lechería para profesionales de América Latina. Recuperado de [http://www.acdicar.com.ar/sitio/files/archivos/1248439301\\_0\\_23el\\_sector...pdf](http://www.acdicar.com.ar/sitio/files/archivos/1248439301_0_23el_sector...pdf)
- Martinez, G. (1995). Tambo: productividad + eficiencia. *Producción agroindustrial del NOA, Año 8 (74)*. Recuperado el 17 de Octubre de 2011, de [http://www.produccion.com.ar/produ\\_8.htm\(18:46\)](http://www.produccion.com.ar/produ_8.htm(18:46))
- Methane to markets (2007). Desafíos y Estrategias para Implementar la Digestión Anaeróbica en los Agrosistemas. Seminario 14 y 15 de mayo de 2007. Buenos Aires: INTA

- Ministerio de Asuntos Agrarios (2010). *Resumen estadístico de la cadena láctea de la provincia de Buenos Aires*. Recuperado el 15 de Mayo de 2010 de [http://www.maa.gba.gov.ar/2010/subsecretarias/archivos/Informe\\_Relevamiento.pdf](http://www.maa.gba.gov.ar/2010/subsecretarias/archivos/Informe_Relevamiento.pdf)
- Mozeris, G y González E. (2008). *Plan estratégico para la cadena láctea argentina 2008-2020. Informe de avance*, Junio 2008. Recuperado el 29 de Marzo de 2011.
- Murray, R., Spiegel y Stephen, I (2005). *Estadística*. 3° Ed. México: McGraw Hill ISBN: 9701032713
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Departamento Económico y Social (2009). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La ganadería a examen*. Roma: autor
- Passeggi, M. (2007) *Desarrollo y aplicaciones la digestión anaeróbica en Uruguay*. Workshop Internacional. 14 y 15 de mayo 2007. Buenos Aires, Argentina.
- Pengue, W. (2009). *Fundamentos de economía ecológica*. Buenos Aires, Argentina: Kaicron. ISBN 978.987-23841-8-0
- Pizarro, S. (2005). *Biodigestor*. 1a ed. Serie: Recursos didácticos. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Recuperado el 6 de Noviembre de 2006.
- Pordomingo, A. (2002, Julio). *Efectos ambientales de la intensificación ganadera, Idia XXI*, 2 (2), 208-211.
- Porta F., Cesa V. y Campi M. (2008). *Evolución reciente de la actividad láctea: el desafío de la integración productiva*. Documento de proyecto, CEPAL. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.
- Producción Responsable y la Fundación Julio Ricaldoni, (2008). *Manual para el manejo de Efluentes de Tambo*. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Recuperado en <http://www.cebra.com.uy/presponsable/2008/06/05/manual-de-manejo-de-efluentes-de-tambo/>
- Ramahlo, R. S. H. (1983). *Tratamiento de aguas residuales*. Canadá, Quebec: Reverté S. A.
- Retamal Marchant, J. (2009). *Cogeneradores para Aplicaciones Agroindustriales y Agropecuarias*. Recuperado el 3 de enero de 2012 de <http://www.redbiogas.cl/wordpress/wp-content/uploads/2009/06/Jorge-Retamal>.
- Roberto Bisang R., Porta F., Cesa V y Campi M. (2008). *Evolución reciente de la actividad láctea: el desafío de la integración productiva*. Documento de pr oyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas
- Roberto Rubio, R. (2011). *Gases de efecto invernadero y calentamiento. Desafíos para la ganadería*. Congreso Argentino de P roducción Animal, de 4 al 7 de O ctubre. Buenos Aires, Mar del Plata: ASA/AAPA.
- Rodriguez, C., García B. y Cárdenas, L. (2010). *Formulación y evaluación de proyectos*. México: Limusa ISBN 978-968-18-7171-0
- Sapag Chain, N y Sapag Chain, R. (2000). *Preparación y evaluación de proyectos* (4a Ed.).Chile, Santiago: Mc Grawn Hill/Interamericana de Chile Ltda.
- Sapag Puelma J. M. (2000).. *Evaluación de proyectos: Guía de ejercicios problemas y soluciones* (2a Ed.). Chile, Santiago: Mc Grawn Hill/Interamericana de Chile Ltda.

Schiappacasse, E. (2006). *Planta de tratamiento de aguas residuales*. (1a ed. Serie Recursos Didácticos; 30). Buenos Aires, Ciudadela: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Taverna M., Charlón V., Panigatti C., Castillo A., Serrano P. y Giordano J. (1999). *Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Una contribución al logro de ambientes locales sano*. Rafaela, Santa Fe: INTA

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y Eastern Research Group, Inc. (2008). *Directrices Internacionales para Cuantificar y Reportar el Desempeño de los Sistemas de Digestión Anaeróbica para Estiércol de Ganado*. Methane to Markets Program. De Mariano Buti & Jorge Hilbert (trad). Castelar, Bs. As., Argentina: INTA.

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería (2008, Diciembre). *Evaluación, diagnóstico y propuestas de acción para la mejora de las problemáticas ambientales y mitigación de gases de efecto invernadero vinculados a la producción porcina, avícola y bovina (feedlots y tambos)*. Estudio de Performance Ambiental desarrollado para el FAC. Bahía Blanca, Buenos Aires.

UTecNoticias (2005). *Un importante estudio para reducir la contaminación ambiental* (23), Diciembre 2005. Bahía Blanca, Buenos Aires: Autor.

Vélez, G. A. (2004). *Modelización de procesos biológicos para la eliminación de residuos ganaderos, teniendo en cuenta sus condicionantes especiales*. Tesis doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid recuperado de la base de datos Archivo Digital UMP.

Vieytes, A. (2011). *El manejo de efluentes en el tambo*. Área de Producción de Bovinos de Leche, Facultad de Ciencias Veterinarias UBA. Buenos Aires: UBA.

Zaror Zaror, C. (2000). *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. Chile: Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería.

## LISTADO DE LINKS

- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/)
- <http://infoleg.mecon.gov.ar/>
- <http://inta.gob.ar/>
- <http://www.aacrea.org.ar/>
- <http://www.agencia.gob.ar>
- <http://www.ambiente.gov.ar/>
- <http://www.aqualimpia.com/home.htm>
- <http://www.bentec.es/>
- <http://www.bionersis.com/es/>
- <http://www.biovec.net/>
- <http://www.caprolecoba.com.ar/>
- <http://www.cebra.com.uy/presponsable/institucional/>
- <http://www.cnea.gov.ar/>
- [http://www.colegioingenieros.org.ar/index\\_vade\\_res1057.htm](http://www.colegioingenieros.org.ar/index_vade_res1057.htm)
- <http://www.cubasolar.cu/>
- <http://www.enedis.com.ar/>
- <http://www.energies-renouvelables.org/>
- <http://www.flexenergy.com/technology/flex-turbine/>
- <http://www.infoenviro.es/>
- [http://www.lusine.com.ar/Productos/Cogeneracion/Sistemas\\_de\\_cogeneracion.h  
tm](http://www.lusine.com.ar/Productos/Cogeneracion/Sistemas_de_cogeneracion.htm)
- <http://www.minagri.gob.ar/site/index.php>
- <http://www.opds.gba.gov.ar/>
- <http://www.pfienergy.com.ar/>
- <http://www.probiogas.es/>
- <http://www.proinged.org.ar/>
- <http://www.scielo.org>
- <http://www.anaerobic-digestion.com/>
- <http://www.biblioteca.mincyt.gov.ar/>
- [www. fglongatt.org.ve.](http://www.fglongatt.org.ve)
- <http://www.epa.gov/>