



CHILE LO
HACEMOS
TODOS



Estudio de vigilancia tecnológica con enfoque en tecnologías de
biodigestión anaeróbica y en equipos de consumo de biogás para
el sector agropecuario nacional

(ULE-2017-074)

INFORME FINAL



Esta investigación fue encargada por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC).

Los comentarios y conclusiones emitidos en este documento no representan necesariamente la opinión de la institución contratante.

Fundación para la Innovación Agraria
Santiago, Chile

Primera edición, septiembre de 2018

Registro de Propiedad Intelectual

N° 299048
ISBN N°: 978-956-328-235-1

Autores

Equipo de IALE Tecnología:
Ivette Ortiz Montenegro
Mary Aranda Cabezas
Jorge Córdova Añasco

Colaboradores

Alejandro Saez
Franco Perazzo M.

Permitida su reproducción parcial o total citando la fuente:
"Informe Final de la Consultoría FIA-SEC 2017: Estudio de Vigilancia Tecnológica con enfoque en tecnologías de biodigestión anaeróbica y en equipos de consumo de biogás para el Sector Agropecuario Nacional, (ULE-2017-074)

Edición técnica:
Karin Von Osten
Florence Pelissou (**FIA**)

CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	13
2.	TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE BIOGÁS	16
2.1	Análisis de las investigaciones sobre producción de biogás	17
2.1.1	Resultados internacionales	17
2.1.1.1	Principales países	18
2.1.1.2	Principales instituciones	19
2.1.1.3	Principales autores	21
2.1.1.4	Áreas de Investigación	22
2.1.2	Resultados nacionales	30
2.2	Análisis de tecnologías patentadas sobre producción de biogás	32
2.2.1	Tecnologías protegidas a nivel internacional	32
2.2.1.1	Principales países	33
2.2.1.2	Principales empresas y entidades tecnológicas	34
2.2.1.3	Principales inventores	37
2.2.1.4	Áreas tecnológicas de interés	38
2.2.2	Tecnologías protegidas a nivel nacional	50
2.3	Iniciativas asociadas con la generación de biogás	54
2.3.1	Iniciativas desarrolladas a nivel nacional	54
2.3.1.1	Proyectos financiados por Corfo	56
2.3.1.2	Proyectos financiados por FIA	58
2.3.1.3	Proyectos financiados por CONICYT	58
2.3.1.4	Otras iniciativas nacionales	60
2.3.2	Iniciativas desarrolladas a nivel internacional	62
2.3.2.1	Iniciativas desarrolladas en Europa	63
2.3.2.2	Iniciativas desarrolladas en Estados Unidos	70
2.4	Instalaciones actuales de biodigestores.....	73
2.4.1	Instalaciones identificadas a nivel nacional	74
2.4.2	Instalaciones identificadas a nivel internacional	76
2.5	Consideraciones para la clasificación de biodigestores y desarrollo de fichas técnicas	80
2.5.1	Dimensionamiento y aspectos de selección del biodigestor.....	80
2.5.2	Clasificación de los reactores.....	81
2.5.3	Relación entre patentes y biodigestores asociados.....	83

2.5.4	Características técnicas del sistema de biogás	84
2.5.5	Descripción y detalles técnicos de los elementos mencionados	85
2.5.6	Normativa relacionada en términos de instalación, técnica y materiales	86
2.5.7	Aspectos económicos.....	88
2.5.8	Fichas técnicas de biodigestores	90
2.5.8.1	Reactor de mezcla completa RMC (Complete Stirred Tank Reactor CSTR)	90
2.5.8.2	Reactor de flujo pistón o continuo (Plug Flow Reactor PFR).....	96
2.5.8.3	Reactor anaeróbico con lecho fijo RALF (Fixed Bed Reactor)	102
2.5.8.4	Reactor de lecho fluidizado/expandido RALEF.....	107
2.5.8.5	Reactor o Proceso Anaeróbico Secuencial PAS	112
2.5.8.6	Reactor anaeróbico de membrana (Membrane Bioreator MBR)	117
2.5.8.7	Anaerobic Baffled Reactor ABR.....	122
3.	EQUIPOS DE USO Y CONSUMO DE BIOGÁS	128
3.1	Oferta comercial de equipos de uso y consumo de biogás	130
3.1.1	Equipos de generación eléctrica	131
3.1.1.1	Motores.....	131
3.1.1.2	Generadores.....	133
3.1.2	Equipos de cogeneración	135
3.1.2.1	Equipos CHP	136
3.1.2.2	Microturbinas	137
3.1.3	Equipos para la generación de calor o frío	138
3.1.4	Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión ..	140
3.1.5	Equipos electrodomésticos	142
3.1.5.1	Calefont	144
3.1.5.2	Lámparas.....	144
3.1.5.3	Cocinas.....	145
3.1.5.4	Refrigerador.....	145
3.2	Condiciones operativas y productivas de equipos de uso y consumo de biogás	146
3.2.1	Equipos de generación eléctrica	147
3.2.1.1	Motores.....	147
3.2.1.2	Generadores.....	152
3.2.2	Equipos de cogeneración	164
3.2.2.1	Equipos CHP	164
3.2.2.2	Microturbinas	173
3.2.3	Equipos para la generación de calor o frío	175
3.2.3.1	Generación de calor	175

3.2.3.2	Generación de frío.....	181
3.2.4	Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión ..	183
3.2.5	Equipos electrodomésticos	187
3.2.5.1	Calefont	187
3.2.5.2	Lámparas.....	191
3.5.5.3	Cocinas.....	192
3.5.5.4	Refrigerador.....	198
3.3	Certificaciones y exigencias legales para equipos de uso y consumo de biogás	199
3.3.1	Normativa asociada al uso y consumo de biogás en Chile.....	199
3.3.1.1	Normativa aplicable a las operaciones agrícolas	199
3.3.1.2	Normativa asociada al almacenamiento, transporte y abastecimiento de combustibles.....	201
3.3.1.3	Normativa asociada a equipos para el uso y consumo de biogás	201
3.3.2	Certificaciones internacionales asociadas a equipos de uso y consumo de biogás .	204
3.3.2.1	Normas y estándares de carácter general para biogás	204
3.3.2.2	Normas, estándares y certificaciones para equipos de uso y consumo de biogás	205
3.4	Fichas técnicas de artefactos de uso y/o consumo de biogás.....	212
3.4.1	Ficha Técnica “Equipos de Generación Eléctrica”	212
3.4.1.1	Artefacto: Motores. Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	212
3.4.1.2	Artefacto: Generadores	217
3.4.1.3	Artefacto: Grupos electrógenos.....	229
3.4.2	Ficha Técnica “Equipos de Cogeneración”	235
3.4.2.1	Artefacto: Equipos CHP	235
3.4.2.2	Artefacto: Microturbinas	245
3.4.3	Ficha Técnica “Equipos para la generación de calor o frío”	248
3.4.3.1	Artefacto: Equipos para la generación de calor	248
3.4.3.2	Artefacto: Equipos para la generación de frío.....	254
3.4.4	Ficha Técnica “Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor”	256
3.4.4.1	Artefacto: Calentador de agua para uso industrial.....	256
3.4.4.2	Artefacto: Caldera para generar vapor de baja presión	258
3.4.5	Ficha Técnica “Equipos electrodomésticos de consumo de biogás”	260
3.4.5.1	Artefacto: Calentador de agua para uso doméstico “CALEFONT”	260
3.4.5.2	Artefacto: Lámparas	264
3.4.5.3	Artefacto: Cocinas, Quemadores, Ollas	266
3.4.5.4	Artefacto: Refrigerador	272

4.	EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD TÉCNICA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	274
4.1	Variables consideradas para la evaluación técnico-económica	275
4.1.1	Aplicabilidad técnica	275
4.1.2	Factibilidad económica	281
4.2	Estructura para la aplicación del modelo de evaluación técnico-económica.....	284
4.2.1	Consideraciones generales sobre los escenarios definidos	285
4.2.1.1	Producción de leche	285
4.2.1.2	Producción ganadera	285
4.2.1.3	Producción de aves/huevos	286
4.2.1.4	Producción de frutas y verduras de pequeña escala	287
4.2.2	Factores de conversión	287
4.2.3	Equivalencias con otras fuentes de energía	289
4.2.4	Descripción de escenarios	290
4.3	Resultados obtenidos	292
4.3.1	Escenario 1: Micro operaciones agropecuarias	292
4.3.1.1	Aplicabilidad técnica	292
4.3.1.2	Factibilidad económica	295
4.3.1.3	Indicadores financieros asociados al escenario 1.....	302
4.3.2	Escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1	307
4.3.2.1	Aplicabilidad técnica	307
4.3.2.2	Factibilidad económica.....	309
4.3.2.3	Indicadores financieros asociados al escenario 2.....	316
4.3.3	Escenario 3: Pequeña operación agropecuaria 2	320
4.3.3.1	Aplicabilidad técnica	320
4.3.3.2	Factibilidad económica.....	322
4.3.3.3	Indicadores financieros asociados al escenario 3.....	328
4.3.4	Escenario 4: Mediana operación agropecuaria.....	333
4.3.4.1	Aplicabilidad técnica	333
4.3.4.2	Factibilidad económica.....	335
4.3.4.3	Indicadores financieros asociados al escenario 4.....	341
5	COMENTARIOS FINALES.....	350
6	BIBLIOGRAFÍA.....	369
7	ANEXOS.....	375
7.1	Anexo 1: Marco de trabajo utilizado para la búsqueda de publicaciones	375
7.2	Anexo 2: Empresas identificadas con 1 publicación	376
7.3	Anexo 3: Marco de trabajo utilizado para la búsqueda de patentes	378

7.4	Anexo 4. Patentes destacadas en las principales áreas tecnológicas	379
7.5	Anexo 5. Descripción de instalaciones identificadas	383
7.5.1	Instalaciones a nivel nacional.....	383
7.5.2	Instalaciones a nivel internacional.....	391
7.6	Anexo 6. Glosario y abreviaturas	420
7.7	Anexo 7. Entrevistas.....	421

TABLAS

Tabla 2.1	Energía equivalente (Valor Energético) del biogás en relación a otras fuentes	16
Tabla 2.2	Empresas líderes en patentamiento y país de origen, período 2012 – 2017	35
Tabla 2.3	Principales inventores a nivel internacional, período 2012 – 2017.....	38
Tabla 2.4	Áreas tecnológicas más patentadas en el período 2012 – 2017.....	39
Tabla 2.5	Tecnologías de biodigestores patentadas por empresas internacionales en el período 2012 - 2017	47
Tabla 2.6	Instituciones que poseen patentes en Chile para el período 2012 - 2017.....	51
Tabla 2.7	Patentes solicitadas en el INAPI, en el período 2012 – 2017.....	51
Tabla 2.8	Proyectos financiados por Corfo, período 2010 – 2017.....	56
Tabla 2.9	Proyectos financiados por FIA, período 2008 – 2017	58
Tabla 2.10	Proyectos financiados por CONICYT, período 2002 – 2017	59
Tabla 2.11	Otras iniciativas desarrolladas a nivel nacional, período 2010 – 2017.....	60
Tabla 2.12	Proyectos enfocados en pequeños y medianos agricultores en Europa.....	64
Tabla 2.13	Proyectos enfocados en pequeños y medianos agricultores, desarrollados en Estados Unidos	71
Tabla 2.14	Instalaciones de biogás implementadas en Chile.....	75
Tabla 2.15	Instalaciones de biogás implementadas a nivel internacional	76
Tabla 2.16	Clasificación de Principales Tipos de Reactores Anaeróbicos.....	82
Tabla 2.17	Tipos de Biodigestores Asociados a las Patentes.....	83
Tabla 2.18	Resumen de principales usos del biogás.....	85
Tabla 2.19	Descripción de los elementos del sistema de gas.....	85
Tabla 3.1	Cantidad de equipos identificados para el uso y/o consumo de biogás por tipo de equipo y tamaño del equipo	130
Tabla 3.2	Cantidad de equipos identificados para el uso y/o consumo de biogás por tipo de equipo, tamaño del equipo y país de procedencia	130
Tabla 3.3	Motores a biogás disponibles actualmente en el mercado.....	132
Tabla 3.4	Métodos para la adaptación de motores de combustión interna para ser utilizados con biogás	133
Tabla 3.5	Generadores que utilizan biogás, disponibles en el mercado	134
Tabla 3.6	Grupo Electrógenos que utilizan biogás, disponibles en el mercado	135
Tabla 3.7	Equipos CHP que utilizan biogás, disponibles en el mercado.....	137
Tabla 3.8	Microturbinas que utilizan biogás, disponibles en el mercado.....	138
Tabla 3.9	Equipos para la generación de calor que utilizan biogás, disponibles en el mercado ..	139
Tabla 3.10	Equipos para la generación de frío que utilizan biogás, disponibles en el mercado ...	140
Tabla 3.11	Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión que utilizan biogás, disponibles en el mercado.....	141
Tabla 3.12	Calefont que utilizan biogás, disponibles en el mercado	144
Tabla 3.13	Lámparas que utilizan biogás, disponibles en el mercado	144
Tabla 3.14	Cocinas que utilizan biogás, disponibles en el mercado	145
Tabla 3.15	Refrigeradores que utilizan biogás, disponibles en el mercado	146
Tabla 3.16	Protocolos de certificación para equipos	203

Tabla 3.17 Normas y estándares de carácter general que aplican a generación, almacenamiento y uso de biogás	204
Tabla 3.18 Estándares técnicos internacionales y certificaciones que aplican a equipos que utilizan combustibles gaseosos	205
Tabla 3.19 Normas, estándares técnicos y certificaciones en Europa que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás	207
Tabla 3.20 Normas, estándares técnicos y certificaciones en Estados Unidos que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás	210
Tabla 3.21 Normas, estándares técnicos y certificaciones en otros países que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás.....	211
Tabla 4.1 Rango de temperaturas entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos	276
Tabla 4.2 Valores de referencia para el cálculo de los costos operacionales	282
Tabla 4.3 Valores de referencia para el cálculo de los costos de mantención en plantas de biogás de pequeña escala	282
Tabla 4.4 Antecedentes generales sobre la producción lechera en Chile.....	285
Tabla 4.5 Estiércol producido por tipo de animal.....	287
Tabla 4.6 Producción de biogás potencial por tipo de animal	288
Tabla 4.7 Equivalencias entre animales, según la cantidad de estiércol que producen	288
Tabla 4.8 Composición del biogás, rangos y valor típico.....	289
Tabla 4.9 Producción de biogás potencial y potencial por año, por tipo de animal.....	289
Tabla 4.10 Equivalencia del biogás con otras fuentes de combustibles utilizadas en predios agrícolas	290
Tabla 4.11 Precios de fuentes de energía utilizadas por los productores agropecuarios, como base para la estimación de ahorros generados a partir del uso de biogás	290
Tabla 4.12 Características principales de los escenarios definidos para la evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica.....	291
Tabla 4.13 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 1: Micro operaciones agropecuarias	294
Tabla 4.14 Costo electricidad para distintos tramos de consumo	295
Tabla 4.15 Costo GLP para distintos tramos de consumo	296
Tabla 4.16 Costo leña para distintos tramos de consumo.....	296
Tabla 4.17 Tamaño del biodigestor requerido en relación a la cantidad de animales.....	297
Tabla 4.18 Costos de inversión promedio para el biodigestor dependiendo de su tamaño	297
Tabla 4.19 Inversión final asociada al biodigestor por tamaño	298
Tabla 4.20 Inversión en equipos electrodomésticos	298
Tabla 4.21 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 1	299
Tabla 4.22 Consumo de biogás utilizado por tipo de electrodoméstico	299
Tabla 4.23 Volumen de gas licuado y leña que es posible reemplazar con el biogás generado en el escenario 1	300
Tabla 4.24 Ahorro potencial en gas licuado, leña y electricidad para el escenario 1	300
Tabla 4.25 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 1	301
Tabla 4.26 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 1	301
Tabla 4.27 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 1: Micro operaciones agropecuarias	302
Tabla 4.28 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 1	303
Tabla 4.29 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras.....	303
Tabla 4.30 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos	304

Tabla 4.31 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de leña, para el escenario 1.....	305
Tabla 4.32 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de leña en predios que poseen vacas lecheras.....	306
Tabla 4.33 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de leña en predios que poseen cerdos.....	306
Tabla 4.34 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1	309
Tabla 4.35 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios.....	310
Tabla 4.36 Tamaño de biodigestor para distintos tamaños de predios, para el escenario 2	310
Tabla 4.37 Inversión estimada para el biodigestor por tamaño, para el escenario 2	310
Tabla 4.38 Inversión en equipos	311
Tabla 4.39 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 2.....	311
Tabla 4.40 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo	312
Tabla 4.41 Volumen de gas licuado, leña y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 2.....	312
Tabla 4.42 Ahorro potencial en gas licuado, leña y electricidad, para el escenario 2	313
Tabla 4.43 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2.....	313
Tabla 4.44 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2.....	314
Tabla 4.45 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2	314
Tabla 4.46 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 2	315
Tabla 4.47 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 2.....	316
Tabla 4.48 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras.....	317
Tabla 4.49 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas de engorda	317
Tabla 4.50 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos	317
Tabla 4.51 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para el escenario 2.....	318
Tabla 4.52 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen vacas lecheras.....	319
Tabla 4.53 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen vacas de engorda	319
Tabla 4.54 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen cerdos.....	319
Tabla 4.55 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 3.....	322
Tabla 4.56 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios.....	323
Tabla 4.57 Inversión estimada para el biodigestor por tamaño, para el escenario 3	323
Tabla 4.58 Inversión en equipos	323
Tabla 4.59 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 3.....	324
Tabla 4.60 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo, escenario 3	324
Tabla 4.61 Volumen de gas licuado y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 3.....	325
Tabla 4.62 Ahorro potencial en gas licuado y electricidad, para el escenario 3.....	325

Tabla 4.63 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3.....	326
Tabla 4.64 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3.....	326
Tabla 4.65 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3	326
Tabla 4.66 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 3	327
Tabla 4.67 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 3.....	328
Tabla 4.68 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras.....	329
Tabla 4.69 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas de engorda	329
Tabla 4.70 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos	329
Tabla 4.71 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para el escenario 3	330
Tabla 4.72 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen vacas lecheras.....	331
Tabla 4.73 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen vacas de engorda	331
Tabla 4.74 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen cerdos	331
Tabla 4.75 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 4.....	334
Tabla 4.76 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios.....	335
Tabla 4.77 Inversión estimada para el biodigestor de mezcla completa, por tamaño de biodigestor, para el escenario 4.....	336
Tabla 4.78 Inversión estimada para el biodigestor de flujo pistón, por tamaño de biodigestor, para el escenario 4	336
Tabla 4.79 Inversión en equipos	336
Tabla 4.80 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 4.....	337
Tabla 4.81 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo, escenario 4	338
Tabla 4.82 Volumen de gas licuado y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 4.....	338
Tabla 4.83 Ahorro potencial en gas licuado de petróleo y electricidad, para el escenario 4.....	338
Tabla 4.84 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 4.....	339
Tabla 4.85 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 4.....	339
Tabla 4.86 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3	339
Tabla 4.87 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 3	340
Tabla 4.88 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para un biodigestor de mezcla completa en el escenario 4.....	341
Tabla 4.89 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de vacas lecheras	342
Tabla 4.90 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de vacas de engorda.....	342

Tabla 4.91 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de cerdos.....	343
Tabla 4.92 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para un biodigestor de flujo pistón en el escenario 4.....	343
Tabla 4.93 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de vacas lecheras	344
Tabla 4.94 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de vacas de engorda	344
Tabla 4.95 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de cerdos	345
Tabla 4.96 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para un biodigestor de mezcla completa en el escenario 4	345
Tabla 4.97 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de vacas lecheras	346
Tabla 4.98 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de vacas de engorda.....	346
Tabla 4.99 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de cerdos.....	346
Tabla 4.100 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para un biodigestor de flujo pistón en el escenario 4	347
Tabla 4.101 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de vacas lecheras	347
Tabla 4.102 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de vacas de engorda	348
Tabla 4.103 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de cerdos	348
Tabla 5.1 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 1, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de GLP.....	357
Tabla 5.2 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 1, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de leña	358
Tabla 5.3 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás para los escenarios 1, 2 y 3, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de GLP.....	358
Tabla 5.4 Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 2, por tamaño de biodigestor y tipo de predio	360
Tabla 5.5 Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 3, por tamaño de biodigestor y tipo de predio	361
Tabla 5.6 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel de cerdos, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base de la leña	362
Tabla 5.7 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel lechero, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base de la leña	363
Tabla 5.8 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel de cerdos, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base del GLP.....	363
Tabla 5.9 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel lechero, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base del GLP.....	364

FIGURAS

Figura 2.1 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2012-2016.....	17
Figura 2.2 Países líderes con 40 o más publicaciones en el período 2012-2017	18
Figura 2.3 Número de publicación entre 2012 y 2017, en países de centro y Sudamérica.	18
Figura 2.4 Redes de colaboración entre países en el periodo 2012-2017	19
Figura 2.5 Instituciones líderes con 17 o más publicaciones, en el periodo 2012-2017.	20
Figura 2.6 Redes de colaboración entre instituciones líderes, en el periodo 2012-2017	21
Figura 2.7 Investigadores líderes con 13 o más publicaciones científicas, en el periodo 2012-2017	22
Figura 2.8 Descriptores con mayor frecuencia de aparición, en el periodo 2012-2017	23
Figura 2.9 Instituciones nacionales presentes en el desarrollo científico asociado a las tecnologías de biodigestión anaeróbica, en el periodo 2012-2017	30
Figura 2.10 Colaboración entre instituciones nacionales e internacionales asociados a las tecnologías de biodigestión anaeróbica, en el periodo 2012-2017.....	30
Figura 2.11 Evolución en el nivel de patentamiento para el período 2012 – 2017.....	32
Figura 2.12 Evolución de patentes solicitadas y concedidas, para el período 2012 – 2017.	33
Figura 2.13 Países líderes en patentamiento a nivel internacional, período 2012 – 2017.....	34
Figura 2.14 Instituciones líderes en patentamiento a nivel internacional, entre 2012 - 2017.....	34
Figura 2.15. Cantidad de iniciativas identificadas en Chile para la generación de biogás, por región	54
Figura 2.16. Cantidad de instalaciones descritas, asociados con la implementación de equipos biodigestores para la generación de biogás a partir de desechos agroindustriales	74
Figura 3.1 Proceso generación y uso de biogás	129
Figura 3.2 Empresas identificadas con oferta de equipos generadores que utilizan biogás.....	134
Figura 3.3 Empresas identificadas con oferta de equipos para cogeneración a biogás	136
Figura 3.4 Empresas identificadas con oferta de equipos para la generación de calor o frío, que utilizan biogás	139
Figura 3.5 Empresas identificadas con oferta de equipos para el calentamiento de agua o vapor de baja presión, que utilizan biogás	141
Figura 3.6 Secuencia básica para el uso de biogás en electrodomésticos	142
Figura 3.7 Empresas identificadas con oferta de electrodomésticos que utilizan biogás.....	143
Figura 5.1 Efectos asociados a la inversión inicial en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás	365
Figura 5.2 Efectos asociados al nivel de recolección de purines en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás	366
Figura 5.3 Efectos asociados al nivel de recolección de purines en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás	367

1. INTRODUCCIÓN

La consultora a cargo del estudio

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), realizaron, en el marco de un convenio de colaboración suscrito en 2017, la licitación para adjudicar el Estudio "Vigilancia Tecnológica con enfoque en tecnologías de biodigestión anaeróbica y en equipos de consumo de biogás para el sector agrario nacional"; cuyo resultado fue adjudicado a la empresa consultora hispano-chilena IALE Tecnología Chile SpA.

IALE Tecnología, desde el año 2003 atiende las demandas de información de los países Latinoamericanos mediante servicios de asesoría, capacitación, diseño e implantación de soluciones a la medida, en las más diversas áreas del conocimiento humano.

El contexto del estudio

El biogás es un gas combustible generado a partir de la descomposición de la materia orgánica en condiciones de ausencia de oxígeno, conocida como digestión anaeróbica. El biogás producido por la degradación de la biomasa está compuesto fundamentalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), donde su valor energético depende del contenido de metano, el cual puede variar entre 50% y 75% (18 y 27 MJ/m³ o 0,017 y 0,026 MMBTU/m³) [1].

En cuanto a la generación de biogás, esta última se realiza en reactores herméticos llamados biodigestores, los cuales son alimentados con materia orgánica (residuos como purines, restos vegetales y animales, etc.), y en los que se mantienen condiciones ambientales controladas de temperatura, nivel de acidez y cantidad de materia orgánica dosificada en el tiempo, a fin de favorecer su descomposición y el crecimiento bacteriano [2]. Los sistemas para la degradación de residuos en ausencia de oxígeno pueden clasificarse en función de la configuración del sistema (una o dos etapas), la temperatura de operación (mesofílica o termofílica), el régimen de operación del digestor (continuo o discontinuo), y, por último, según el porcentaje de sólidos totales presente en el residuo orgánico (sistemas de fermentación húmeda o seca) [3]. Si bien a nivel internacional esta es una tecnología que muestra importantes desarrollos en términos de generación y uso de biogás en el sector agropecuario, en Chile aún es una industria incipiente, que muestra gran diversidad en tecnologías, dimensión, diversidad de sustratos orgánicos, modelos de uso de biogás, etc. De aquí que surge la necesidad de desarrollar un estudio que permita establecer una línea base en cuanto al estado en que se encuentran las tecnologías de digestión anaeróbica con un enfoque estratégico, tecnológico y comercial.

El informe

El presente informe, corresponden al Estudio "Vigilancia Tecnológica con enfoque en tecnologías de biodigestión anaeróbica y en equipos de consumo de biogás para el sector agrario nacional", el cual contiene el análisis y caracterización de las tecnologías de

generación y uso de biogás que se están investigando y desarrollando a nivel nacional e internacional, en los últimos 5 años. Además de una evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica de utilizar estas tecnologías en la pequeña y mediana agricultura nacional.

En el desarrollo de la investigación se aplicó el proceso de Vigilancia Tecnológica clásica que consiste en la búsqueda, captura y análisis de información contenida en bases de datos internacionales, y con ello se generó una caracterización en términos de tecnologías en desarrollo y nuevas tecnologías, temas emergentes y principales actores (investigadores, instituciones, empresas, países,), y productos comerciales disponibles en el mercado.

Los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo de la información se estructuran en tres componentes principales:

- El Capítulo 2: Tecnologías de generación de biogás, donde se evidencia el comportamiento científico y tecnológico a nivel mundial en los últimos 5 años, las tendencias, tecnologías emergentes; además, los países y principales instituciones líderes que pueden apoyar el desarrollo de tecnologías de generación de biogás desde el ámbito científico y tecnológico. Así mismo se presenta una revisión de principales iniciativas internacionales vinculadas a la generación y uso de biogás en pequeños y medianos agricultores.
- El Capítulo 3: Equipos de uso y consumo de biogás, donde se da cuenta de una variada oferta de equipos de uso y consumo de biogás que se encuentran disponibles en el mercado internacional, características de técnicas de funcionamiento y mantenimiento, así como de exigencias legales que cumplen cada uno de los equipos identificados.
- El Capítulo 4: Evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica. En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación de aplicabilidad técnica y factibilidad económica de las tecnologías de generación y uso de biogás, y las condiciones bajo las cuales un proyecto de este tipo resulta beneficioso para la pequeña y mediana agricultura nacional.

CAPÍTULO 2:
TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE BIOGÁS

2. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE BIOGÁS

El biogás es un combustible gaseoso renovable, obtenido a partir de la digestión anaeróbica de residuos biológicos. Debido a que está compuesto de una mezcla de gases combustibles, se puede utilizar como fuente de energía para reemplazar el uso de combustibles fósiles tradicionales [28] en diversas aplicaciones, tanto industriales como domiciliarias.

El biogás se compone principalmente de metano (CH_4), con una concentración que oscila entre un 50% y un 70% en promedio. El resto corresponde a dióxido de carbono (CO_2) con una concentración de 30% a 45%, además de trazas de ácido sulfhídrico (H_2S), hidrógeno (H_2) y otros contaminantes, como por ejemplo siloxanos. En cuanto al poder calorífico del biogás, este alcanza el 70% en relación al gas natural y el 27% en relación al propano. La siguiente tabla muestra las características generales del biogás en relación a otros combustibles comúnmente utilizados.

Tabla 2.1 Energía equivalente (Valor Energético) del biogás en relación a otras fuentes

Valores	Biogás ¹	Gas natural	Gas propano
Valor Calorífico (Kwh/ m3)	7	10	26
Densidad (t/m3)	1,08	0,7	2,01
Densidad con respecto al aire	0,81	0,54	1,51
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10
Temperatura de encendido	687	650	470
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0,31	0,39	0,42
Requerimiento teórico de aire (m3/m3)	6,6	9,5	23,9

Fuente: MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF, 2011 [26]

La producción de biogás ha experimentado un interés creciente en las últimas décadas [26], considerando que es una tecnología de fácil implementación en los sectores de producción agrícola, en particular para la agricultura de pequeña escala. La posibilidad de reemplazar el uso de combustibles fósiles y la obtención de biofertilizante generan ahorros significativos para los agricultores, así como también crean procesos agrícolas más amigables con el medio ambiente al mejorar los procesos de disposición de residuos orgánicos. Esto ha traído como consecuencia que la implementación de tecnologías para la producción de biogás se vuelva algo cada vez más común, en particular para las explotaciones agrícolas pequeñas y medianas.

En este capítulo se evidencia el comportamiento científico y tecnológico a nivel mundial en los últimos 5 años, las tendencias, tecnologías emergentes; además, los países y

¹ Para una composición promedio del biogás de 65% CH_4 y 35% CO_2 .

principales instituciones líderes que pueden apoyar el desarrollo de tecnologías de generación de biogás desde el ámbito científico y tecnológico.

2.1 Análisis de las investigaciones sobre producción de biogás

El análisis de los avances científicos relacionados con tecnologías de biodigestión anaeróbica para la producción de biogás, se centró en la identificación, compilación y análisis de las publicaciones científicas de los últimos 5 años, contenidas en la base de datos Scopus, que cumplieran con el marco de trabajo diseñado para las búsquedas (ver anexo 1).

A continuación, se presenta el detalle de los resultados obtenidos en términos de volumen, actores líderes y tendencias científicas, entre otros.

2.1.1 Resultados internacionales

En el período 2012-2017 se identificaron 1.402 publicaciones, las cuales muestran una línea de tendencia ligeramente creciente en el periodo 2012-2016, con sobre 200 publicaciones anuales. En lo que va del 2017 se han generado 207 publicaciones.

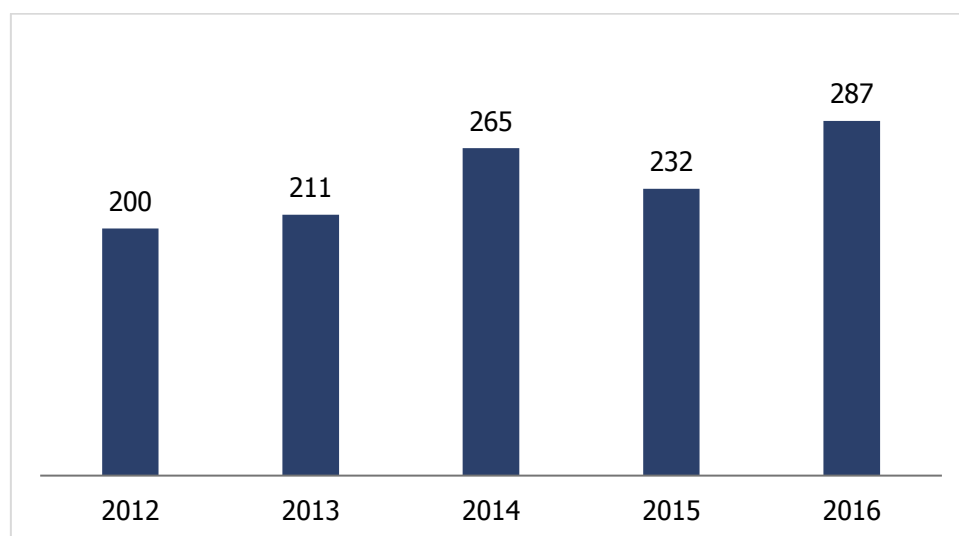


Figura 2.1 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2012-2016.²

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

² El año 2017 se ha quitado de la gráfica, porque al momento de realización del estudio este aún era un año en curso.

2.1.1.1 Principales países

La producción científica ha venido de la mano de 102 países, siendo Asia el líder mundial con la presencia de China e India, en el primer y segundo lugar del ranking, respectivamente. A estos les sigue un bloque europeo compuesto por Alemania, España e Italia, para posicionarse recién en un sexto lugar, Estados Unidos con 91 publicaciones. La figura 2.2 muestra el ranking de los 10 países líderes en desarrollo científico, según el número de publicaciones identificadas en el periodo 2012-2017.

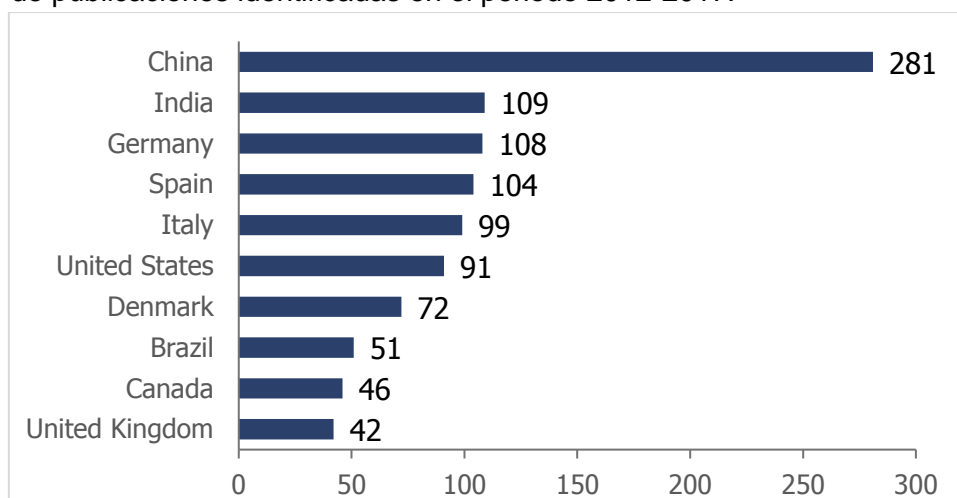


Figura 2.2 Países líderes con 40 o más publicaciones en el período 2012-2017

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En la figura anterior, Brasil aparece en el octavo lugar con 51 publicaciones, posicionándose como el líder de la Región Centro Sudamericana en los ámbitos de investigación vinculados a las tecnologías de biodigestión anaeróbica. En esta misma región, le siguen en el ranking países tales como Colombia, México y Chile, además de otros con menor participación (ver figura 2.3).

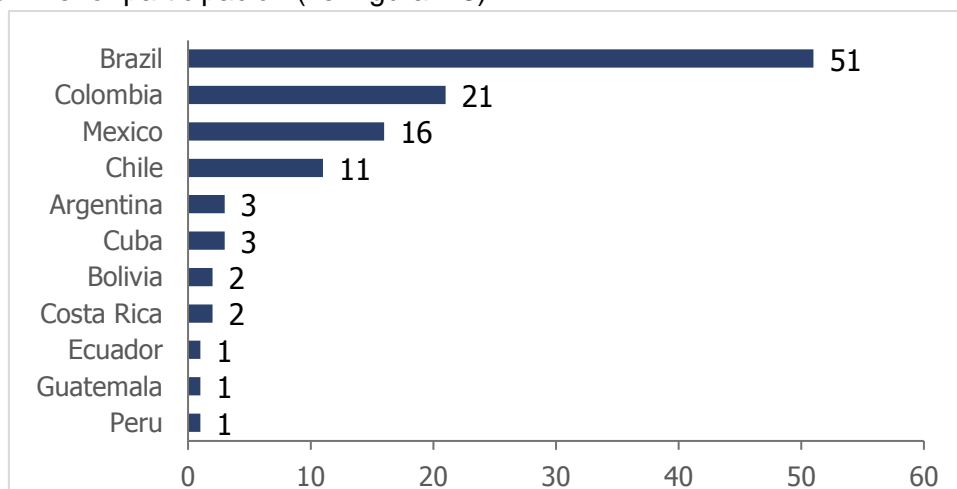


Figura 2.3 Número de publicación entre 2012 y 2017, en países de centro y Sudamérica.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

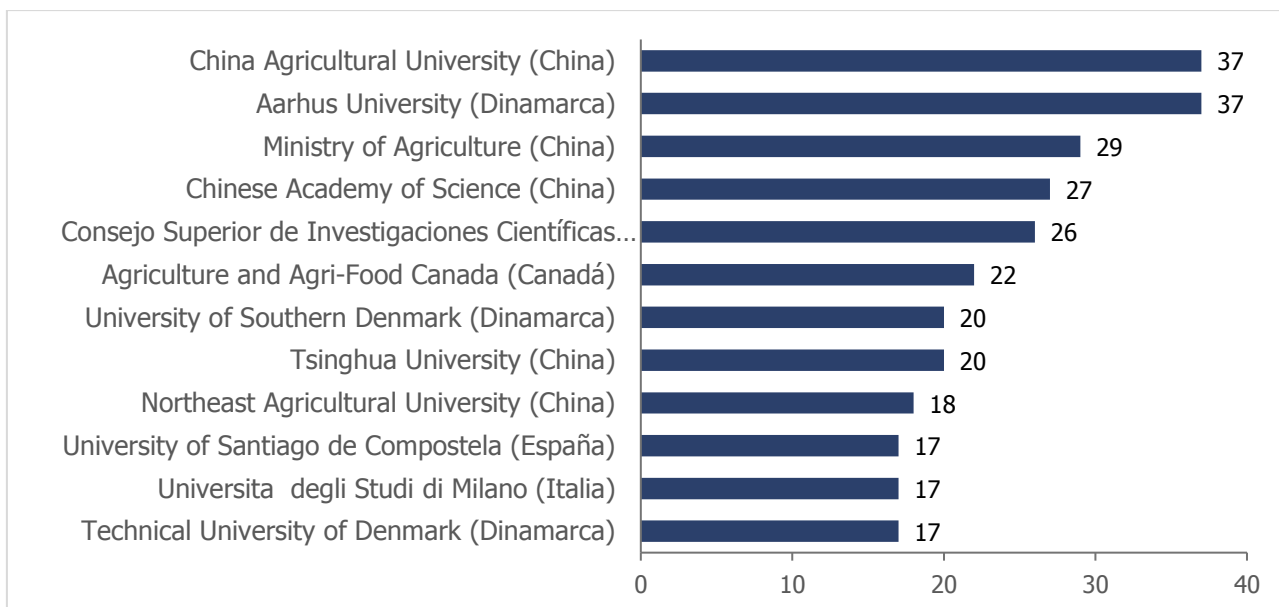


Figura 2.5 Instituciones líderes con 17 o más publicaciones, en el periodo 2012-2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Mattheo Analyzer, 2018.

Si bien a nivel científico el tejido empresarial es menos destacado, se han identificado un total de 65 empresas que contribuyen al desarrollo investigativo en el ámbito de interés, destacando con 2 y 3 publicaciones las siguientes:

- Shandong Green Energy Gas Industrial Co. Ltd., se vincula con Shan Dong Jiaotong University.
- Bioenergy2020+ GmbH, se vincula con University of Natural Resources and Life Sciences.
- BioenergieBeratungBornim GmbH, se vincula con Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V.
- BIO4GAS GmbH, se vincula con University of Innsbruck.
- PoroGen Corporation, se vincula con Italian National agency for new technologies, Energy and sustainable economic development (ENEA)
- EMBRAPA Brazilian Agricultural Research Corporation, se vincula con la Federal University of Juiz de Fora y con el INRA de Francia.

El listado completo de las empresas identificadas con una publicación se encuentra disponible en el anexo 2.

En la figura 2.6 se observan las relaciones entre las entidades líderes destacando dos grandes grupos de investigación formados uno entorno a la China Agricultural University, y el otro compuesto por cinco instituciones danesas que trabajan en torno a la Aarhus

University. Así mismo, se pueden apreciar que las colaboraciones de mayor coocurrencia se dan entre la China Agricultural University y el Ministerio de agricultura de China, con 12 publicaciones conjuntas, seguido por el vínculo de colaboración dado entre Istanbul Technical University y Bogazici University, con 11 publicaciones conjuntas. En este último caso destaca la publicación del año 2017 denominada *“Improvement of biogas potential of anaerobic digesters using rumen fungi”* [5], en la cual los resultados obtenidos demuestran que los hongos de rumen anaeróbico son una alternativa prometedora para mejorar la producción de biogás a partir de diferentes tipos de compuestos lignocelulósicos.

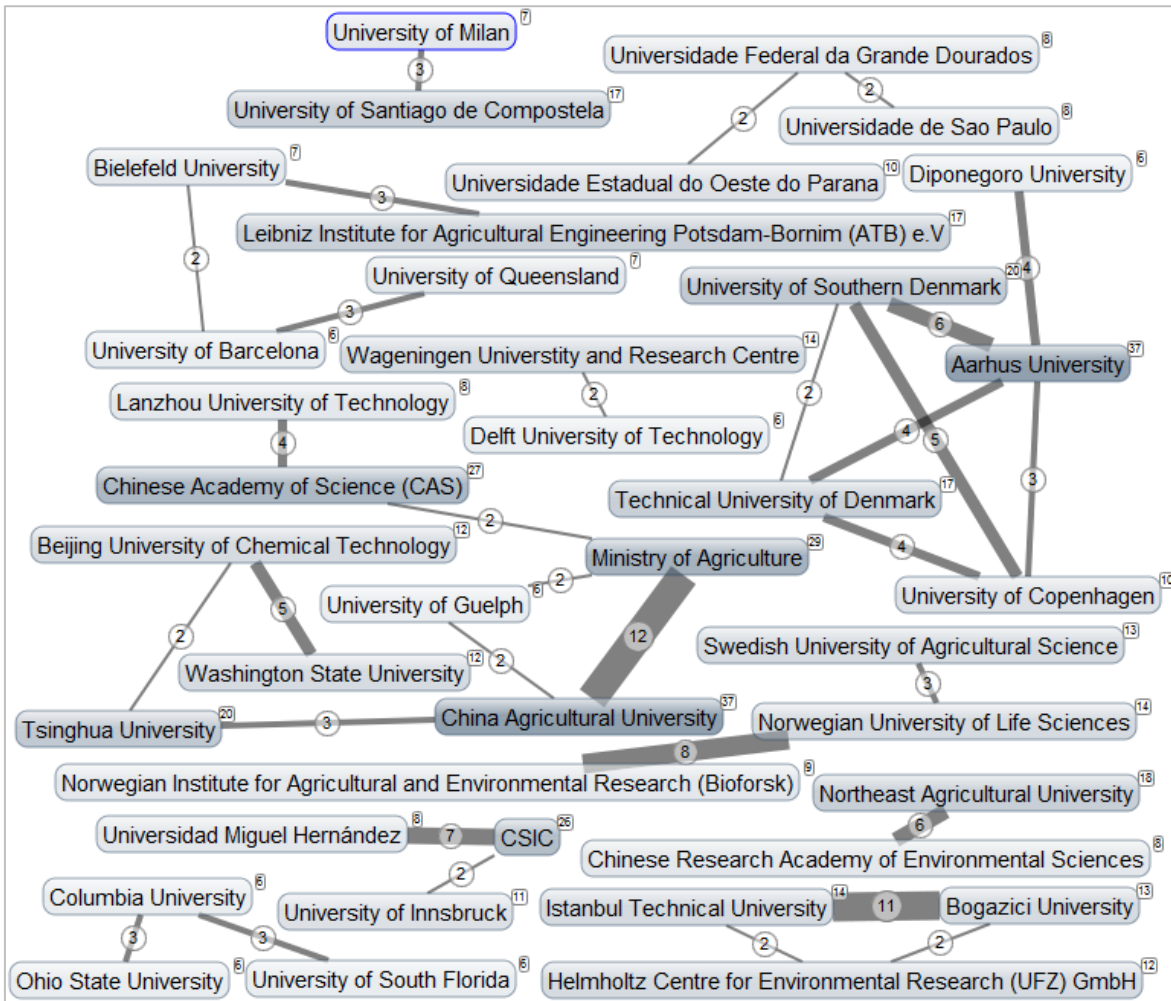


Figura 2.6 Redes de colaboración entre instituciones líderes, en el periodo 2012-2017
Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

2.1.1.3 Principales autores

En cuanto a los principales autores que investigan en el mundo sobre tecnologías de producción de biogás, 14 de ellos poseen 13 o más publicaciones científicas en el período

2012 -2017 (ver figura 2.7). En correspondencia con los liderazgos de país, tres de los cuatro investigadores líderes (con más de veinte artículos científicos) son chinos y corresponden a los siguientes:

- **Wang X.** - College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, China. **Keywords:** Manures, Biogas, Anaerobic digestion (AD), Methane, Fermentation.
- **Li, X.** - XY-Green Carbon Inc, Canadá. **Keywords:** Anaerobic digestion (AD), Biogas, Methane, Manures.
- **Møller, H.B.** Aarhus University, Denmark; **Keywords:** Manures, Methane, Anaerobic digestion (AD), Biogas, Cattle.
- **Dong, R.** - China Agricultural University, Beijing, China. **Keywords:** Anaerobic digestion (AD), Manures, Biogas, Methane, Anoxic conditions.

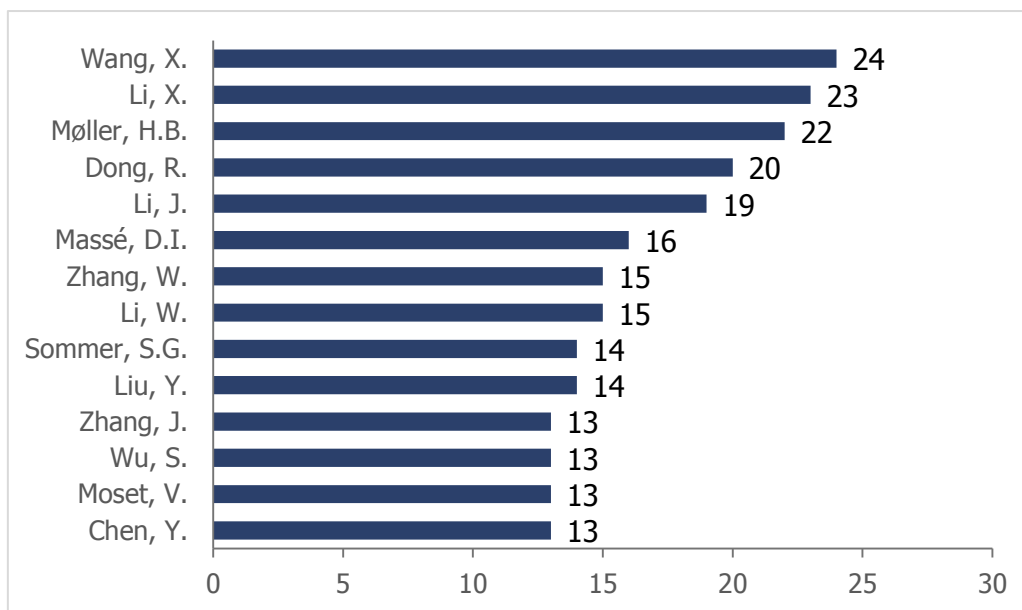


Figura 2.7 Investigadores líderes con 13 o más publicaciones científicas, en el periodo 2012-2017

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

2.1.1.4 Áreas de Investigación

Para caracterizar las áreas de investigación predominantes, se realizó el análisis de las palabras clave de mayor prevalencia en las publicaciones científicas, en el periodo 2012 – 2016, cuyo resultado corresponde a aquellas relacionadas con los términos utilizados en las búsquedas. Estas son: *Anaerobic digestion*, *Biogas*, *Manures*, *Bioreactors*, *Biogas*

Dentro de los análisis, los términos más frecuentes no necesariamente son los más novedosos. Precisamente una baja frecuencia de aparición podría ser un tema emergente y representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación, siendo aconsejable identificarlos ante una posible consolidación en el tiempo. En este estudio, el análisis de temas incipientes arroja los resultados que se presentan a continuación:

- **Nuevas configuraciones de biodigestores**

Con la finalidad de maximizar la valorización de residuos y mejorar la producción de biogás se presentan dos nuevas configuraciones consistentes en: (i) usar un biodigestor de mezcla continua (*Continuous stirred tank reactor – CSTR*) en combinación con un biodigestor anaerobio de flujo ascendente (*Upflow anaerobic sludge blanket – UASB*), y (ii) usar una configuración en serie de biodigestores CSTR, lo cual muestra mejoras en el rendimiento del proceso y costos de operación menores, entre otros.

Título	Energy Recovery From Conventional Biogas Digester Effluent with a Novel Bioreactor Configuration
Autor(es)	G. Çalışkan; N. Azbar
Año Publicación	2017
Fuente	Waste and Biomass Valorization

Anaerobic biotechnology offers both economic and ecological benefits for sustainable renewable energy production and sustainable agriculture practice. In this study, a novel bioreactor configuration, which is a combination of a continuous flow stirred-tank reactor (CSTR) and an up flow sludge blanket reactor (UASB), was used in order to valorize the residual organic content in the effluent of a conventional CSTR reactor. Thereby, maximum utilization of total COD potential was aimed by further processing of the residual COD from conventional farm based CSTR type digester effluent. The effluent of the CSTR reactor (dry matter 10%, HRT: 30 days) was fed into UASB reactors under varying HRT and Organic Loading Rate (OLR) conditions. Up to 98% COD removal was achieved in 4 L UASB reactor corresponding to maximum biogas production of 0.7 m³ biogas/kg CODremoved in UASB reactor. To the best of our knowledge, this integrated system is used for the first time to maximize the COD conversion into bio-methane during biogas production from laying hen litters. Thereby, a novel approach was presented a promising solution for the maximum valorization of animal manure as an alternative to conventional farm based biogas digester systems.

Título	Anaerobic co-digestion of cattle manure and meadow grass: Effect of serial configurations of continuous stirred tank reactors (CSTRs)
Autor(es)	Feng, L.; Wahid, R.; Ward, A.J.; Møller, H.B.
Año Publicación	2017
Fuente	Biosystems Engineering

In this study, anaerobic co-digestion of cattle manure (CM) and meadow grass (MG) with serial configurations of continuous stirred tank reactors (CSTRs) was investigated. Four laboratory-scale CSTRs were operated at thermophilic condition (55 °C), of which two CSTRs were connected serially with equal working volumes while the remaining two CSTRs were operated as single CSTRs as controls. Improvements on bio-methane yield, methane contents and solids reduction

were observed with serial CSTR configurations. The results showed that co-digestion with 5% (w/w) MG with serial configurations of CSTRs produced 24% more bio-methane compared with single reactor, with the total hydraulic retention time (HRT) being the same. The volatile fatty acids (VFA) concentration was found higher in the 1st reactor, but was reduced by 40–50% in the 2nd reactor. The improved bio-methane yield with serial CSTR configuration with 100% CM was 8%, indicating that the serial CSTRs process is superior in a co-digestion set up with addition of MG.

- **Purificación del biogás**

En el campo de la purificación del biogás producido anaeróbicamente, existen diversos métodos tales como la absorción utilizando compuestos químicos inorgánicos y orgánicos, adsorción por métodos físicos y filtración por membranas, entre otros. En esta línea, el trabajo presentado propone la eliminación de contaminantes mediante un proceso combinado de adsorción y absorción.

Título	Enhancement of Methane Concentration by Removing Contaminants from Biogas Mixtures Using Combined Method of Absorption and Adsorption
Autor(es)	Al Mamun, M.R.; Torii, S.
Año Publicación	2017
Fuente	International Journal of Chemical Engineering

We report a laboratory scale combined absorption and adsorption chemical process to remove contaminants from anaerobically produced biogas using cafeteria (food), vegetable, fruit, and cattle manure wastes. Iron oxide (Fe_2O_3), zero valent iron (Feo), and iron chloride (FeCl_2) react with hydrogen sulfide (H_2S) to deposit colloidal sulfur. Silica gel, sodium sulfate (Na_2SO_4), and calcium oxide (CaO) reduce the water vapour (H_2O) and carbon dioxide (CO_2). It is possible to upgrade methane (CH_4) above 95% in biogas using chemical or physical absorption or adsorption process. The removal efficiency of CO_2 , H_2S , and H_2O depends on the mass of removing agent and system pH. The results showed that $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solutions are capable of reducing CO_2 below 6%. The H_2S concentration was reduced to 89%, 90%, 86%, 85%, and 96% for treating with 10 g of FeCl_2 , Feo (with pH), Fe_2O_3 , Feo, and activated carbon, respectively. The H_2O concentration was reduced to 0.2%, 0.7%, 0.2%, 0.2%, and 0.3% for treating raw biogas with 10 g of silica gel and Na_2SO_4 for runs R1, R2, R3, R4, and R5, respectively. Thus, given the successful contaminant elimination, the combined absorption and adsorption process is a feasible system for biogas purification.

- **Monitoreo remoto de la producción de biogás**

El diseño y control de parámetros operacionales del sistema de digestión anaeróbica son esenciales para maximizar la eficiencia del proceso, aumentar la estabilidad y evitar fallas del sistema. En este ámbito, el trabajo presentado describe la implementación de un biodigestor completamente automatizado, el cual es capaz de monitorear de forma remota parámetros tales como temperatura, pH, velocidad de carga, consumo de energía, etc.

Título	Application of remote sensing in the monitoring of biogas production
Autor(es)	Singhal, S.; Sharma, R.; Sharma, M.; Agarwal, S.; Singhal, N.
Año Publicación	2017
Fuente	Advances in Intelligent Systems and Computing

Anaerobic digestion (AD) systems are extremely sensitive to changes in environmental variables. Correct design and control of the systems parameters are essential to maximize process efficiency, increase stability, and prevent system failure. Automation systems can both raise plant availability and help meet the transparency requirements of the process. A fully automated continuous stirred tank reactor (CSTR) of 40 m³ capacity was designed for jatropha waste and installed at University of Petroleum and Energy Studies, Dehradun (India). This is first fully automated digester at pilot scale which can be monitored by remote sensing all over the country. Parameters (pH, temp, feeding rate, energy consumption) were attained from a CSTR plant online by using remote monitoring system. Pilot scale CSTR was operated using cow dung: jatropha de-oiled cake (CD:JDOC) in a optimized ratio of 1:3. The reactor was run continuously for 120 days. Average biogas produced per day was 25 m³ per day.

- **Digestión anaeróbica asistida**

En esta línea se destacan dos innovadores procesos de digestión anaeróbica asistidos por: (i) extracción intermitente al vacío (*Intermittent-vacuum stripping - IVS*) y por (ii) fotosíntesis, respectivamente. Ambos procesos utilizados para mejorar el tratamiento de estiércol animal.

Título	Photosynthesis assisted anaerobic digestion of cattle manure leachate in a hybrid bioreactor: An integrated system for enhanced wastewater treatment and methane production
Autor(es)	Neshat, S.A.; Mohammadi, M.; Najafpour, G.D.
Año Publicación	2017
Fuente	Chemical Engineering Journal

Cattle manure leachate (CML) is an abundant biodegradable waste with very low C/N ratio which hinders its effective treatment through anaerobic digestion process. In this study, photosynthesis assisted anaerobic digestion (PAAD) was used as a novel approach to overcome the carbon deficiency of CML. For this purpose, a hybrid bioreactor consisted of an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor and an up-flow anaerobic packed bed photo-bioreactor (UAPBP) was used as anaerobic digester for enhanced wastewater treatment and methane production. In fact, the UAPBP was used as carbon recovery system through bio-fixation of CO₂ from biogas using purple photosynthetic bacteria. The hybrid system showed stable performance at HRT of 43.2 h (1.8 d). The obtained COD removal, highest methane content and methane yield were 88%, 82% and 0.3 m³.kg⁻¹ COD removed, respectively. The performance of the hybrid system was also evaluated at very short HRT of 27.1 h (1.13 d) where 77% COD removal, 70% methane content and 0.27 m³.kg⁻¹ COD removed methane yield were obtained. The novel integrated PAAD process is a promising technique to treat low C/N ratio waste sources where simultaneous CO₂ capture and methane content enhancement can be achieved.

Título	An innovative intermittent-vacuum assisted thermophilic anaerobic digestion process for effective animal manure utilization and treatment
Autor(es)	Zhang, R.; Anderson, E.; Addy, M.; Deng, X.; Kabir, F.; Lu, Q.; Ma, Y.; Cheng, Y.; Liu, Y.; Chen, P.; Ruan, R.
Año Publicación	2017
Fuente	Bioresource Technology

Intermittent-vacuum stripping (IVS) was developed as a pretreatment for thermophilic anaerobic digestion (TAD) to improve methanogenesis and hydrolysis activity through preventing free ammonia and hydrogen sulfide (H₂S) inhibition from liquid swine manure (LSM). Over 98% of ammonia and 38% organic nitrogen were removed in 60 min from 55 °C to 85 °C with vacuum pressure (from 100.63 ± 3.79 mmHg to 360.91 ± 7.39 mmHg) at initial pH 10.0 by IVS. Thermophilic methanogenesis and hydrolysis activity of pretreated LSM increased 52.25% (from 11.56 ± 1.75% to 17.60 ± 0.49%) in 25 days and 40% (from 10 days to 6 days) in bio-methane potential assay. Over 80% H₂S and total nitrogen were removed by IVS assistance, while around 70% nitrogen was recycled as ammonium sulfate. Therefore, IVS-TAD combination could be an effective strategy to improve TAD efficiency, whose elution is more easily utilized in algae cultivation and/or hydroponic system.

- **Reducción de amoníaco**

El estiércol de aves de corral se caracteriza por poseer una alta concentración de amoníaco, lo cual genera que la digestión anaeróbica se vuelva poco eficiente, ocasionando pérdidas de hasta el 30% del rendimiento potencial de producción de metano. Dado esto, los trabajos expuestos en esta línea apuntan a incorporar procesos de reducción de amoníaco.

Título	Ammonia removal from poultry manure leachate via struvite precipitation: A strategy for more efficient anaerobic digestion
Autor(es)	Farrow, C.; Crolla, A.; Kinsley, C.; McBean, E.
Año Publicación	2017
Fuente	International Journal of Environmental Technology and Management

To improve poultry waste management, the feasibility of enabling efficient anaerobic digestion of poultry manure through reduction of ammonia accumulation is examined. This study employs struvite precipitation to control ammonia accumulation, and focuses on the efficacy of ammonia removal under neutral reaction conditions (pH = 7). The impacts of phosphate and magnesium additives, pH, temperature and the N:Mg:P molar ratio are quantified. Magnesium chloride (MgCl₂ • 6H₂O) and monopotassium phosphate (KH₂PO₄) are shown to be the most efficient combination of additives for total ammoniacal nitrogen (TAN) reduction of poultry manure leachate under neutral reaction conditions (pH = 7), demonstrating a TAN reduction of 90.3%. Modification of molar ratios (NH₄:Mg:PO₄) evidenced no significant benefit with regard to TAN reduction. However, increasing the fraction of supplementary magnesium resulted in a statistically significant (p < 0.05) decrease in phosphate concentration within the leachate. This study demonstrates the advantages of struvite precipitation, as a method of ammonia control, to improve anaerobic digestion and hence management of poultry manure. Although an effective means of TAN control, struvite precipitation from poultry manure is an ineffective means of obtaining pure struvite due to the formation of co-precipitates.

Título	NOB suppression and adaptation strategies in the partial nitrification - Anammox process for a poultry manure anaerobic digester
Autor(es)	Arriagada, C.; Guzmán-Fierro, V. Giustinianovich, E.; Alejo-Alvarez, L.; Behar, J.; Pereira, L.; Campos, V.; Fernández, K.; Roeckel, M.
Año Publicación	2017
Fuente	Process Biochemistry

Poultry manure contains high levels of ammonia, which result in a suboptimal bioconversion to methane in anaerobic digesters (AD). A simultaneous process of nitrification, Anammox and denitrification (SNAD) in a continuous granular bubble column reactor to treat the anaerobically digested poultry manure was implemented. Thus, two strategies to achieve high efficiencies were proposed in this study: (1) ammonia overload to suppress nitrite oxidizing bacteria (NOB) and (2) gradual adaptation of the partial nitrification–Anammox (PN–A) biomass to organic matter. During the NOB-suppression stage, microbial and physical biomass characterizations were performed and the NOB abundance decreased from 31.3% to 3.3%. During the adaptation stage, with a nitrogen loading rate of 0.34 g L⁻¹ d⁻¹, a hydraulic retention time of 1.24 d and an influent COD/N ratio of 2.63 ± 0.02, a maximum ammonia and total nitrogen removal of 100% and 91.68% were achieved, respectively. The relative abundances of the aerobic and the anaerobic ammonia-oxidizing bacteria were greater than 35% and 40% respectively, during the study. These strategies provided useful design tools for the efficient removal of nitrogen species in the presence of organic matter.

- **Pretratamiento de sustratos con ultrasonido**

Para aumentar la eficiencia de producción de biogás, el residuo se puede co-digerir con otros residuos o bien aplicar pre tratamientos al sustrato, antes de iniciar la digestión anaeróbica. En este sentido, las investigaciones presentadas muestran que la aplicación de pre tratamientos con ultrasonido mejora considerablemente la producción de biogás.

Título	Effect of substrate pretreatment on biogas production through anaerobic digestion of food waste
Autor(es)	Deepanraj, B.; Sivasubramanian, V.; Jayaraj, S.
Año Publicación	2017
Fuente	International Journal of Hydrogen Energy

This work presents the effect of autoclave, microwave and ultrasonication pretreatment on anaerobic digestion of food waste co-digested with poultry manure. Four batch reactors with 2 L volume each were used for the study. The reactors were operated with a hydraulic retention time of 30 days and stirred twice a day. The daily biogas production, cumulative biogas production, methane and carbon dioxide composition were measured. The pretreatment of the substrates with autoclave, microwave and ultrasonication caused an increase in cumulative biogas production of approximately 4.67, 6.43 and 10.12% respectively. The degradation efficiency also showed positive result for substrates with pretreatment. The highest cumulative biogas yield was obtained with ultrasonication technique (9926 ml), followed by autoclave, microwave and untreated substrates. The results obtained from the experiments were evaluated to determine the kinetic constants of the process. Modified Gompertz model and Logistic model were used to determine the kinetic parameters of the reaction.

Título	Influence of the ultrasound pretreatment on anaerobic digestion of cattle manure, food waste and crude glycerine
Autor(es)	Ormaechea, P.; Castrillón, L.; Marañón, E.; Fernández-Nava, Y.; Negral, L.; Megido, L.
Año Publicación	2017
Fuente	Environmental Technology

To increase the production of methane, when cattle manure (CM) is digested, pretreatments can be applied and/or the manure can be co-digested with other wastes. In this research work, a mixture of CM, food waste (FW) and raw glycerine (Gly) in a proportion in weight of 87% CM, 10% FW and 3% Gly was digested, (a) without pretreatment and (b) with pretreatment by ultrasound, applying a sonication energy of 1040 kJ/kg total solids. Specific methane production was 290 L CH₄/kg volatile solids (VS) without pretreatment and 520 L CH₄/kg VS with pretreatment. With respect to the volumetric methane production, 1.07 L CH₄/Lreactor.day was produced in the first case, and in the second case, 1.98 L CH₄/Lreactor.day. We can conclude that the application of ultrasound pretreatment significantly improved the production of biogas.

- **Cometabolismo anaeróbico**

El cometabolismo es una forma de mejorar la digestión anaeróbica líquida, a través del aumento de la biodiversidad de inóculos, especialmente en el período de iniciación.

Título	Anaerobic cometabolism of fruit and vegetable wastes using mammalian fecal inoculums: Fast assessment of biomethane production
Autor(es)	Islas-Espinoza, M.; de las Heras, A.; Vázquez-Chagoyán, J.C.; Salem, A.Z.M.
Año Publicación	2017
Fuente	Journal of Cleaner Production

Anaerobic digestion (AD) is a biological process which produces biomethane as energy source, using waste as substrate. Cometabolism is a novel way to enhance liquid AD, via augmenting the biodiversity of inoculums, especially in the hitherto little-studied 96-h initiation period critical to AD startup. Dog, horse and sheep feces were used as sources of inoculum and mixed with fruit and vegetable waste (FVW) and water. Thermophilic (55 °C), mesophilic (39°) and psychrophilic (25 °C) AD conditions were tested. As inoculum and water quantities alter the abundance and diversity of the anaerobic communities, 1:1 and 1:4 ratios of FVW feedstock to inoculum solutions were compared. Live *Saccharomyces cerevisiae* was supplemented as probiotic in the anaerobic reactors. Biogas, CO₂ and CH₄ were measured as well as digestion of FVW. Results showed consistently more CH₄ production under cometabolism, higher inoculum density and thermophilic conditions; higher CH₄, pH and digestion simultaneously occurred in the mixed-inoculum reactors. A strong relationship between biogas and its CO₂ and CH₄ main components was found. Horse inoculum in the mixed reactors enhanced CH₄ production; sheep inoculums improved digestibility; and the dog inoculum seemed to neutralize pH. *S. cerevisiae* may have improved cellulolytic activity in FVW digestion at 25 and 39 °C, and provided an energy and nutrient source at 55 °C.

2.1.2 Resultados nacionales

En cuanto a la actividad científica nacional asociada a las tecnologías de biodigestión anaeróbica, se identificaron 11 publicaciones en el período 2012 -2017. En este desarrollo científico participan mayoritariamente universidades, donde destaca la Universidad de Concepción con 4 publicaciones, también se encuentran la Fundación INRIA Chile y la empresa I+D ProCycla SpA.

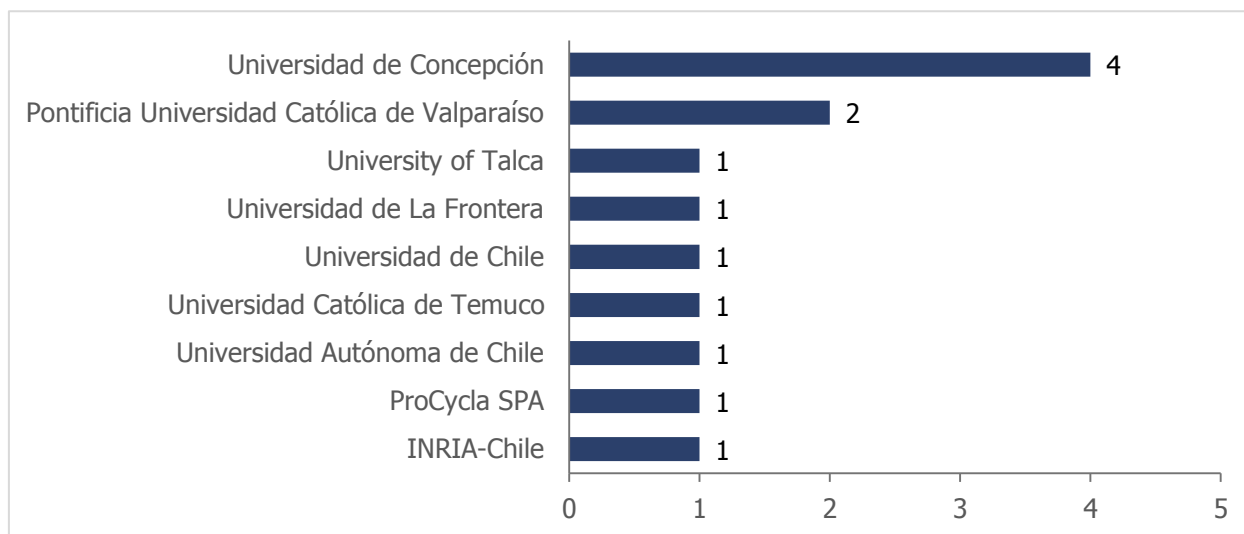


Figura 2.9 Instituciones nacionales presentes en el desarrollo científico asociado a las tecnologías de biodigestión anaeróbica, en el periodo 2012-2017

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Mattheo Analyze, 2018.

De las 11 publicaciones vinculadas a Chile, seis de ellas cuentan con colaboración de instituciones internacionales de países como España, India, Estados Unidos, Brasil y Colombia. La figura 2.10 muestra la red de colaboración entre instituciones nacionales e internacionales.

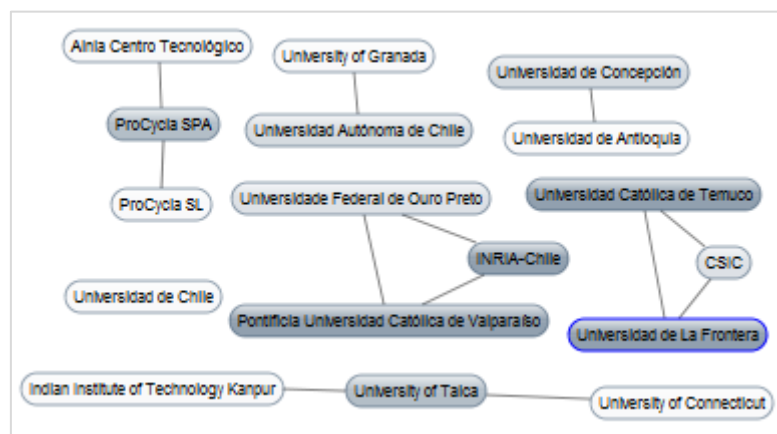
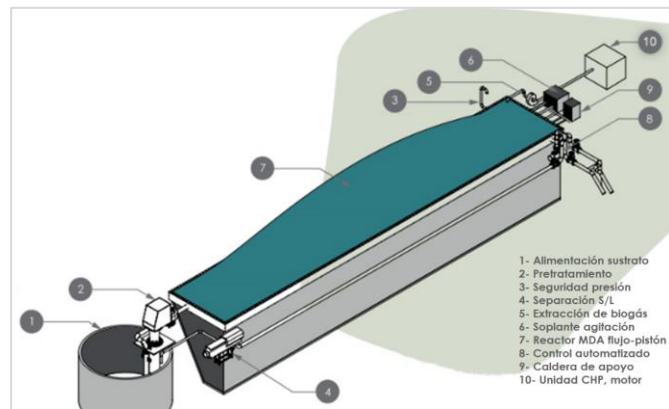


Figura 2.10 Colaboración entre instituciones nacionales e internacionales asociados



ProCycla es una empresa I+D dedicada al campo del tratamiento de residuos orgánicos, hidroponía, depuración de aguas y gases, que en términos del desarrollo científico vinculado a las tecnologías de biodigestión anaeróbica financió la investigación llevada a cabo por el Centro Tecnológico Ainia, denominada **“Alkaline and oxidative pretreatments for the anaerobic digestion of cow manure and maize straw: Factors influencing the process and preliminary economic viability of an industrial application”**, la cual estudia la aplicación de óxido de calcio (CaO), ácido peracético (PAA) y una combinación de ambos para reducir el contenido de lignina y aumentar el potencial de producción de biogás del estiércol de vaca y la paja de maíz.

Sumado a lo anterior, ProCycla ha diseñado y desarrollado un digestor anaerobio, llamado **Módulo de Digestión Anaerobia (MDA)**³ que se caracteriza por lo siguiente:



- Configuración del reactor en “flujo-pistón modificado”: el reactor incluye una agitación de los lodos internos mediante reinyección del biogás recirculado.
- Ingeniería y diseño innovador: de tipo modular y escalable, de fácil construcción.
- Automatización y control: con sistema de control predictivo basado en el modelo biológico del proceso de digestión anaerobia.
- Valorización de digestato como fertilizante: digestato residual con alto contenido de nutrientes.

Algunas de las ventajas que ofrece el digestor MDA de ProCycla son:

- Mayor capacidad de tratamiento.
- Mayor estabilidad y producción de biogás.
- No es necesario realizar separación de fases.
- Apto para climas fríos.
- Simplificación de operación para los productores.

³ Ver el siguiente enlace: <http://www.procycla.com/pdf/mdacongreso.pdf>

2.2 Análisis de tecnologías patentadas sobre producción de biogás

A continuación, se describen los principales hallazgos sobre el panorama tecnológico, evidenciado a través de patentes publicadas en bases de datos de Estados Unidos (USPTO), Europa (EPO) y de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), que han sido consultadas, centrado en los datos estadísticos más representativos, tales como: cantidad de patentes y su distribución por año; países e instituciones más representativas según el número de patentes en las que han tenido participación, y áreas tecnológicas de mayor interés.

El análisis del panorama tecnológico se circunscribe de forma específica al ámbito de interés del presente estudio, específicamente sobre la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, considerando una serie de descriptores técnicos, fuentes de información y período de búsqueda descritos en el marco global de trabajo presentado en el anexo 3.

2.2.1 Tecnologías protegidas a nivel internacional

El resultado de las búsquedas en bases de datos de patentes internacionales, permitió identificar 1.117 documentos de patentes entre los años 2012 y 2017.

En términos de evolución en el nivel de patentamiento, se observa un comportamiento estable en el período analizado. Entre los años 2013 y 2016 la cantidad de patentes disminuyó un 23%, mientras que para el año 2017 se observa un incremento de 11% con respecto al año anterior, alcanzando las 186 patentes, lo que se encuentra en línea con el promedio de los últimos 6 años. La figura 2.11 da cuenta de la evolución en el nivel de patentamiento a nivel internacional para el período 2012-2017.

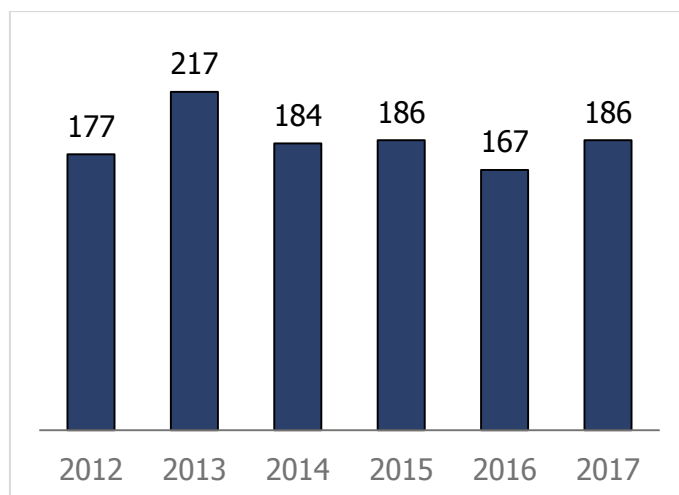


Figura 2.11 Evolución en el nivel de patentamiento para el período 2012 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

De los 1.117 documentos de patentes identificados, 869 corresponden a solicitudes realizadas entre los años 2012 y 2017, mientras que 248 corresponden a patentes concedidas, tal como se muestra en la siguiente figura.

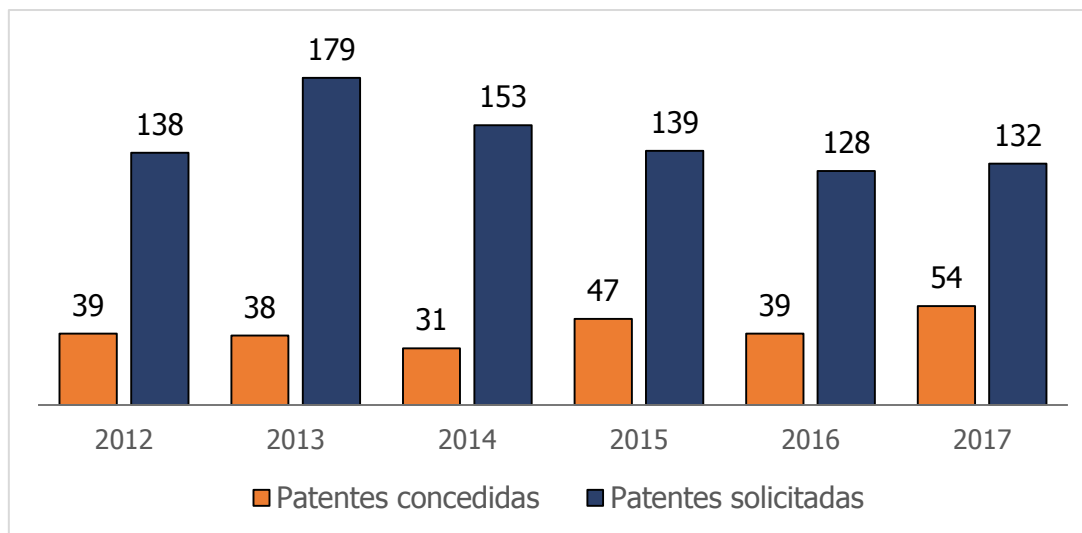


Figura 2.12 Evolución de patentes solicitadas y concedidas, para el período 2012 – 2017.
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

2.2.1.1 Principales países

El liderazgo tecnológico en cuanto al número de documentos de patentes (solicitadas y concedidas) se concentra en Estados Unidos con 460 documentos de patentes, lo que corresponde al 41% del total de patentes identificadas⁴.

Canadá es el segundo país en términos de la cantidad de patentes solicitadas y concedidas, con una participación de 7,7% con respecto al total, mientras que Alemania ocupa el tercer lugar con el 6% del total de patentes identificadas.

Luego, existe un grupo de 6 países que poseen entre 30 y 50 documentos de patentes, donde se encuentran: Dinamarca, Holanda, India, China, Francia y Japón. Por otra parte, no se identifican países latinoamericanos dentro de los 15 primeros lugares, tal como se muestra en la siguiente figura.

⁴ Para la identificación de los países líderes, se considera el país de origen de la empresa y/o institución que solicitó la patente (para el caso de las patentes solicitadas), o a la empresa y/o institución a la que fue otorgada la patente (en el caso de patentes concedidas).

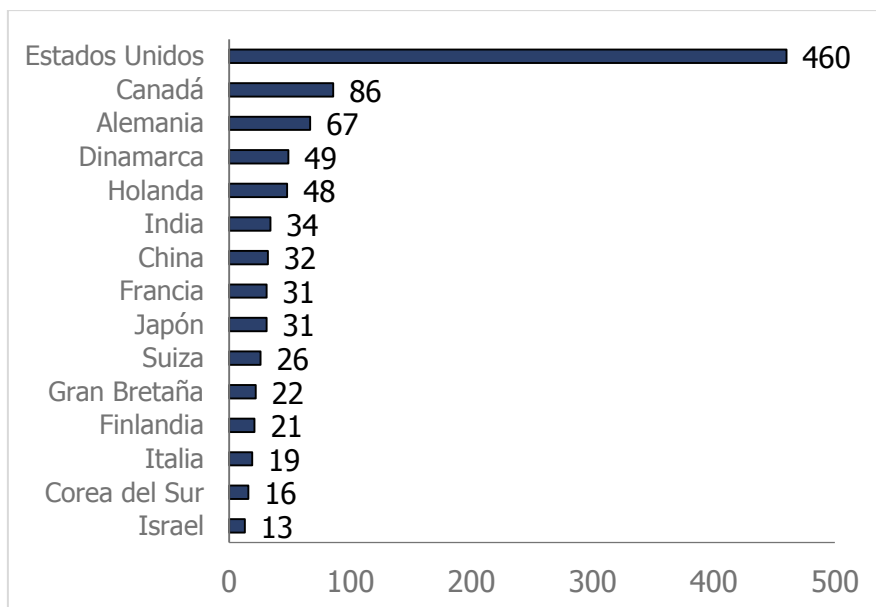


Figura 2.13 Países líderes en patentamiento a nivel internacional, período 2012 – 2017

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

2.2.1.2 Principales empresas y entidades tecnológicas

La siguiente figura muestra las instituciones líderes en patentamiento a nivel internacional, destacándose a las empresas Xyleco Inc. de Estados Unidos, Anaergia Inc. de Canadá y Novozymes AS de Dinamarca.



Figura 2.14 Instituciones líderes en patentamiento a nivel internacional, entre 2012 - 2017

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

El análisis de las instituciones líderes en patentamiento está en línea con los principales países. Cinco de las doce principales empresas provienen de Estados Unidos, mientras que dos de las principales doce provienen de Canadá. Se destaca también la presencia de empresas provenientes de Alemania, Dinamarca, Suiza, Francia e India, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.2 Empresas líderes en patentamiento y país de origen, período 2012 – 2017

Empresa	País de origen	Cantidad de patentes (solicitadas y concedidas)	Web
Xyleco Inc.	Estados Unidos	50	Enlace
Anaergia Inc.	Canadá	30	Enlace
Novozymes AS	Dinamarca	24	Enlace
API IP Holdings Llc.	Estados Unidos	15	s/i
Basf SE	Alemania	13	Enlace
Iogen Corp.	Canadá	13	Enlace
Nestec SA	Suiza	12	Enlace
Veolia Water Solutions & Technology	Francia	9	Enlace
Renmatix Inc.	Estados Unidos	9	Enlace
Council of Scientific and Industrial Research	India	9	Enlace
Enginuity Worldwide Llc.	Estados Unidos	9	Enlace
Organic Energy Corp.	Estados Unidos	9	Enlace

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

A continuación, se destacan algunas patentes de interés, que han sido solicitadas por las principales empresas líderes en patentamiento.

- **Xyleco Inc.**

Esta empresa de base biotecnológica, con sede en Wakefield, Massachusetts (Estados Unidos), se destaca por poseer una serie de patentes asociadas con sistemas para el procesamiento, tratamiento y conversión de biomasa.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- US9683249B2. Método para el procesamiento de materiales de biomasa que están dispuestos en una o más estructuras. 2017. Ver [enlace](#).
- US9659748B2. Se describen métodos y sistemas para procesar materiales celulósicos y lignocelulósicos y productos intermedios y productos útiles, tales como energía y combustibles. 2017. Ver [enlace](#).

- [US20170045602A1](#). Se describen sistemas y métodos para monitorear y mejorar el tratamiento de la biomasa. 2017. Ver [enlace](#).

- **Anaergia Inc.**

La empresa canadiense Anaergia Inc., se especializa en soluciones para granjas y procesadores de alimentos, que requieren reducir los costos de eliminación de desechos y proporcionar generación de energía en el sitio.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- [US9719111B2](#). Digestor anaeróbico multi tanque para alto contenido de sólidos. 2017. Ver [enlace](#).
- [US9533903B2](#). Recuperación de productos orgánicos y nutrientes de los residuos obtenidos en un digestor anaeróbico. 2017. Ver [enlace](#).
- [US20170022522A1](#). Producción de biogás a partir de materiales orgánicos. 2017. Ver [enlace](#).
- [US9512394B2](#). Dispositivo de servicio para un digestor anaeróbico con una cortina de separación. 2016. Ver [enlace](#).

- **Novozymes AS**

Novozymes es una empresa global de soluciones biotecnológicas con sede en Copenhague, Dinamarca, y que posee operaciones en varios países alrededor del mundo, dentro de los cuales se encuentran China, India, Brasil, Argentina, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- [US20170037435A1](#). Un método para mejorar la degradación del sustrato en plantas agrícolas de biogás. 2017. Ver [enlace](#).
- [US20140106427A1](#). Un proceso de producción de biogás que comprende proporcionar una suspensión de un material derivado de bagazo y agua. 2014. Ver [enlace](#).

- **logen Corp.**

logen es una empresa canadiense especializada en el desarrollo de nuevas tecnologías para la quema limpia de combustibles y la producción de biocombustibles renovables a partir de residuos agrícolas y otros desechos orgánicos.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- US9476066B2. Proceso para producir uno o más productos para su uso como combustible de transporte o calefacción. 2016. Ver [enlace](#).
- US9040271B2. Un método de transformación de material orgánico de desecho para producir un combustible de calefacción. 2015. Ver [enlace](#).

- **Council of Scientific and Industrial Research**

El Council of Scientific and Industrial Research (Consejo de Investigación Científica e Industrial) fue establecido por el Gobierno de la India en 1942 y es un organismo autónomo que se ha convertido en la organización de investigación y desarrollo más grande de la India.



वैज्ञानिक तथा औद्योगिक अनुसंधान परिषद
COUNCIL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH
(विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय, भारत सरकार)
MINISTRY OF SCIENCE & TECHNOLOGY, GOVT. OF INDIA

Para esta institución se destaca la siguiente patente:

US20170050892A1. Reactor de columna anaeróbica para la biodegradación de residuos y proceso del mismo. 2017. Ver [enlace](#).

2.2.1.3 Principales inventores

Dentro de los principales inventores, se destaca a Marshall Medoff de la empresa Xyleco Inc. quien ha participado como inventor en 50 documentos de patentes. Le sigue Juan Carlos Josse, de la empresa Anaergía Inc. con 29 participaciones y Thomas Craig Masterman, de la empresa Xyleco Inc., con 19 participaciones.

En la siguiente tabla se muestran los 15 principales inventores dentro de los resultados obtenidos, y la empresa a la que pertenecen.

Tabla 2.3 Principales inventores a nivel internacional, período 2012 – 2017

Inventor	Institución	Cantidad de patentes solicitadas y concedidas
MEDOFF, Marshall	Xyleco Inc.	50
JOSSE, Juan Carlos	Anaergia Inc.	29
MASTERMAN, Thomas Craig	Xyleco Inc.	19
FOODY, Brian	logen Corp.	14
THEODOULOU, Michael David	Anaergia Inc.	13
RETSINA, Theodora	API IP Holdings Llc.	13
PYLKKANEN, Vesa	API IP Holdings Llc.	12
NAVÉ, Barbara	Basf SE	12
HAZEWINKEL, Jacob Hendrik Obbo	Red Patent BV	12
GUITARD, Marjorie	Nestec SA	12
BEL RHLID, Rachid	Nestec SA	12
MOODYCLIFFE, Angus	Nestec SA	12
DIONISI, Fabiola	Nestec SA	12
DICKHAUT, Joachim	Basf SE	11
WISSEMEIER, Alexander	Basf SE	11

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

2.2.1.4 Áreas tecnológicas de interés

Para la clasificación de las patentes según las áreas tecnológicas, se hace una revisión del Sistema de Clasificación Internacional de Patentes (CIP)⁵, y se identifican las áreas tecnológicas más utilizadas por las principales instituciones o investigadores que aparecen en este estudio, y aquellas áreas de aparición incipiente.

2.2.1.4.1 Principales áreas tecnológicas

La tabla 2.4 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2012 y 2017, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código, y su participación sobre el total, es decir, que porcentaje representan sobre los 1.117 documentos de patentes identificados.

⁵ La Clasificación Internacional de Patentes (CIP), constituye un sistema jerárquico de símbolos que no dependen de idioma alguno para la clasificación de las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen. Detalle en el siguiente [enlace](#).

Tabla 2.4 Áreas tecnológicas más patentadas en el período 2012 – 2017.

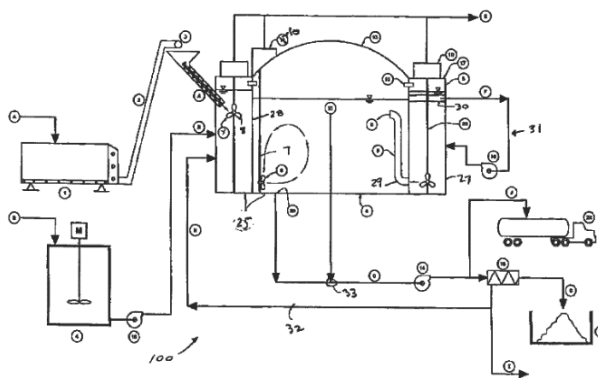
Código IPC	Definición	Frecuencia de aparición	Participación sobre el total de patentes solicitadas y concedidas
C12P 5/02	Preparación de hidrocarburos; acíclicos.	179	16,0%
C02F 11/04	Tratamiento anaerobio; Producción del metano por tales procesos.	153	13,7%
C02F 3/28	Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla; Procedimientos de digestión anaerobios.	134	12,0%
C12M 1/107	Equipos para enzimología o microbiología; con medios para recoger los gases de fermentación, p. ej. Metano.	101	9,0%
C12M 1/00	Equipos para enzimología o microbiología.	94	8,4%
C05F 17/00	Preparación de fertilizantes caracterizada por la etapa de preparación industrial del compost.	69	6,2%
C12P 7/10	Etanol como producto químico y no como bebida alcohólica; preparado como subproducto, o preparado a partir de un sustrato constituido por desechos o por materias celulósicas; de un sustrato constituido por materias celulósicas.	59	5,3%
B09B 3/00	Destrucción de desechos sólidos o su transformación en algo útil o no nocivo.	58	5,2%

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

A continuación, se destacan las principales tecnologías identificadas para los códigos CIP de utilización más frecuente.

- **Código C12P 5/02: Preparación de hidrocarburos; acíclicos.**

La patente [US9719111B2](#), solicitada por la empresa Anaergia Inc. y publicada en 2017, describe un digestor anaeróbico, útil para tratar una materia prima apilable de alto contenido de sólidos, y que comprende un tanque cilíndrico cubierto, una pared interior que divide el tanque cilíndrico en una porción exterior anular y una porción interna cilíndrica. Su principal ventaja radica en que el digestor anaeróbico trabaja de forma eficiente en el tiempo y puede ser operado en un rango de temperatura termófila.



La patente [US9550702B2](#), solicitada por Felipe Hansen Fernández y publicada en 2017, describe un digestor anaeróbico de flujo continuo para la metanización de materia orgánica y la producción de fertilizante que alimenta las condiciones y la realización del proceso de digestión anaeróbica. El digestor anaeróbico tiene forma tubular y está fabricado a partir

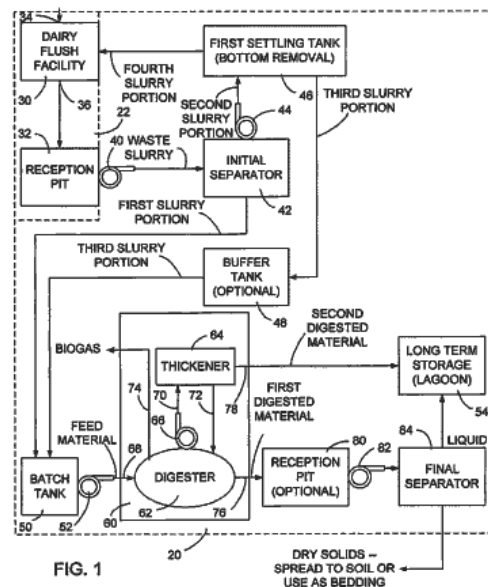
de una serie de polímeros de alto rendimiento mecánico y químico y resistente a UV, abrasión y otras condiciones climáticas en las que se produce la digestión anaeróbica del material orgánico (digestato). El biogás obtenido se recircula al reactor a través de circuitos modulares, difusores de gas y compuestos de material polimérico resistentes a la corrosión producida por la digestión anaeróbica.

Otras patentes destacadas en esta línea tecnológica corresponden a (ver detalle en el anexo 4):

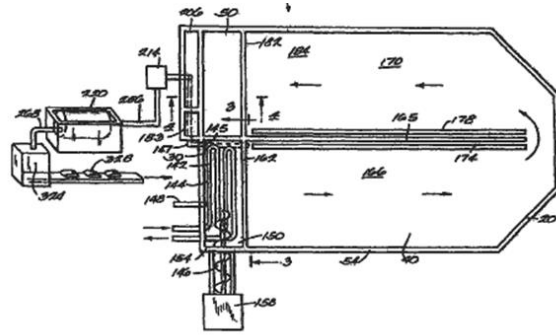
- US9797597B2. Sistemas y métodos para convertir la biomasa en biocrudo a través de la licuefacción hidrotermal. 2017. UNIV TEXAS.
- US9790115B2. Procesamiento de biomasa mediante procesamiento termoquímico y digestión anaeróbica en combinación. 2017. UNIV WASHINGTON STATE.
- US9683249B2. Procesamiento de biomasa. 2017. XYLECO INC.
- US9688585B2. Dispositivo ensamblable ligero y método respectivo para producción de biogás y fertilizante líquido. 2017. ECOGAS ISRAEL LTD.
- US9328323B2. Sistemas y métodos para la digestión de residuos sólidos. 2016. AIKAN NORTH AMERICA INC.

- **Código C02F 11/04: Tratamiento anaerobio; Producción del metano por tales procesos.**

La patente [US9751787B1](#), solicitada por la empresa Daritech Inc. y publicada en 2017, describe un sistema de digestión anaeróbica que comprende un digestor para digerir el material de alimentación, un tanque de digestión, un espesador y un conducto de sellado. El sistema digestor se usa para digerir el material de alimentación. El sistema de procesamiento de desechos se utiliza para la mezcla de residuos. Su ventaja principal radica en el digestor anaeróbico mejorado, el sistema de procesamiento de residuos y el método para optimizar el procesamiento de la suspensión de residuos tales como la suspensión de residuos generada por un sistema de descarga de productos lácteos.



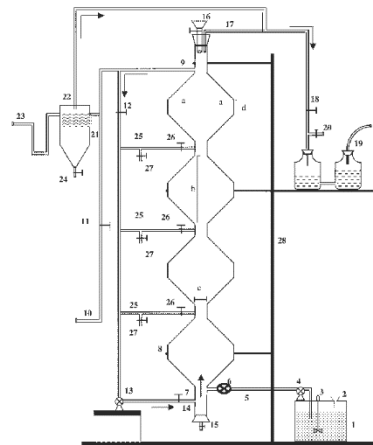
La patente [US8394271B2](#), solicitada por la empresa Dvo Inc. y publicada en 2013, describe un digestor anaeróbico que emplea un tanque circular. El digestor anaeróbico permite la digestión de material de desecho con alto contenido de sólidos, y comprende un recipiente cerrado relativamente circular que tiene dos pasos en los que el material de desecho fluye en direcciones opuestas, y un sistema divisor para separar dos pasajes. Su ventaja principal radica en que el digestor proporciona un camino de flujo relativamente largo para el lodo dentro del área relativamente pequeña encerrada por la pared exterior. La forma de U del digestor da como resultado una larga trayectoria de flujo de lodo y, por lo tanto, un tiempo de residencia de aproximadamente veinte días. A medida que el lodo fluye a través del digestor, la digestión anaeróbica procesa el lodo en lodo activado.



Otras patentes destacadas en esta línea tecnológica corresponden a (ver detalle en el anexo 4):

- US9527759B2. Método para tratar y/o pre tratar estiércol líquido o rechazo de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, particularmente nitrógeno, fósforo y moléculas de olor. 2016. Pellon Group OY.
- US9073770B2. Aparato de digestor anaeróbico portátil de alta velocidad y método de operación. 2015. Usemco Inc.
- US8926841B2. Sistema y método para convertir residuos orgánicos en metano y otros productos útiles. 2015. Waste Management National Services Inc.
- **Código C02F 3/28: Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla; Procedimientos de digestión anaerobios.**

La patente [US20170050892A1](#), solicitada por el Council Of Scientific & Industrial Research y publicada en 2017, describe un sistema reactor de columna anaeróbica, para la biodegradación de residuos y el proceso involucrado. El reactor de columna anaeróbica permite convertir la materia orgánica biodegradable (aguas residuales y desechos sólidos) en biogás y compost. Su ventaja radica en la disposición única de porciones expandidas y contraídas que se colocan verticalmente una sobre la otra, de modo que el patrón de mezcla se mejora de manera efectiva, al tiempo que se controla el lavado de biomasa regulando la velocidad del líquido de flujo ascendente.



La patente [US20150210576A1](#), solicitada por la empresa Anaergia Inc. y publicada en 2015, describe un sistema utilizado para tratar lodos de desechos líquidos y de aguas residuales de baja y alta concentración de sólidos. Comprende tanques de tratamiento anaeróbico que comparten una pared común y realizan diferentes procesos de tratamiento. El sistema de tratamiento de desechos permite un proceso con bajo costo económico bajos tiempos de retención hidráulica.

Otras patentes destacadas en esta línea tecnológica corresponden a (ver detalle en el anexo 4):

- US9242881B2. Digestión anaeróbica secundaria de fase solida produciendo más biogás. 2016. Shih Jason Chia.
- US9174883B2. Recuperación de residuos, conversión y utilización. 2015. Feed Resource Recovery Inc.
- US8771980B2. Líquido combinado para la digestión anaeróbica de fase sólida para la producción de biogás de residuos municipales y agrícolas. 2014. Fundación de Investigación de la Universidad Estatal de Ohio.
- US8440084B2. Digestor anaeróbico lavable con biofilm fijo. 2013. Greenwatt.
- EP1828065B1. Método para aumentar la producción de biogás en fermentadores anaeróbicos y termófilos. 2012. Schmack Biogas GmbH.

2.2.1.4.2 Tecnologías Emergentes

Según el código de clasificación internacional CIP, se pueden identificar las áreas emergentes, definidas como incipientes apariciones en el período 2016 - 2017, es decir, corresponde a aquellos códigos CIP que aparecen en los resultados de patentes para los últimos dos años, sin contar con alguna aparición previa.

Dentro del análisis de las tecnologías que emergen en el período 2016 - 2017, y que pueden marcar una tendencia para los próximos años, se han identificado los siguientes temas tecnológicos:

- Nuevos métodos para el procesamiento de biomasa.
- Nuevas técnicas para la producción de biogás: Lecho fluido y Lecho fluidificado.
- Mezcladores con agitadores giratorios.
- Técnicas para la producción de bio-metanol.
- Sistemas de gestión controlados por un computador.
- Métodos para la obtención de fertilizantes a partir del uso de biodigestores.
- Tratamiento de aguas residuales en el que se realiza una etapa de separación.

Tema 1

Nuevos métodos para el procesamiento de biomasa

N° Patente: US9714299B2

Título patente: Method for processing a biomass containing lignocellulose.

Año: 2017

Titular: Kinetic Biofuel A/S

Resumen: There is disclosed a method for processing a biomass (for example straw) containing lignocellulose such that cellulose and hemicellulose are made accessible for further processing, typically by decomposition, without needing energy-consuming dissolution of the biomass in water. The method includes repeated compressions of the biomass in a reciprocating piston press, where loose biomass is continuously fed into a piston chamber in front of a piston which moves the loose biomass into a tubular reaction chamber in which the biomass is compressed for producing a vapor explosion and autohydrolysis under simultaneous displacement of compressed biomass through the reaction chamber. After compression, to the biomass can be added fluid livestock manure, fluid waste water sludge etc. in a biogas plant for subsequent biogas processing. [Enlace](#)

N° Patente: US2017005545A1

Título patente: System for and method of converting agricultural waste to probiotic animal feed.

Año: 2017

Titular: Lee Tech LLC

Resumen: Methods of and devices for producing probiotic animal feed are provided. The method includes adding probiotic microorganisms or enzymes, providing an environmental condition suitable for the growth of the probiotic microorganisms, such as providing abundant sources of carbon, controlling temperature, and controlling pH values, in a fermenting process. [Enlace](#)

N° Patente: US20170000039A1

Título patente: Energy grass comprehensive recycling method.

Año: 2017

Titular: Fujian Agriculture and Forestry University

Resumen: This present invention discloses an integrated method of cyclic utilization of energy grasses comprising the steps of generating biogas residue from the energy grasses, growing edible mushrooms from the biogas residue, producing livestock or poultry feeds from the spent mushroom culture medium, feeding livestock with the feeds, and producing organic fertilizers from the manure of the livestock or poultry. The method, by producing biogas, edible mushrooms, feeds, livestock or poultry, and organic fertilizers, makes an integrated and cyclic use of energy grasses and aforementioned products. This invention will help achieve the goal of cyclic use of energy grasses with great efficiency. [Enlace](#)

Tema 2

Nuevas técnicas para la producción de biogás: Lecho fluido y Lecho fluidificado.

N° Patente: EP3184614A1

Título patente: Process for biomass torrefaction.

Año: 2017

Titular: River Basin Energy Inc.

Resumen: A process for torrefaction of biomass is provided in which biomass is passed into a fluidized bed or a non-fluidized bed reactor and heated to a predetermined temperature in an oxidizing environment. The dried and torrefied biomass may then be fed to a cooler where the temperature of the product is reduced to approximately 37.8°C (100°F). [Enlace](#)

N° Patente: US9410091B2

Título patente: Preparing a fuel from liquid biomass.

Año: 2016

Titular: Ensyn Renewables Inc.

Resumen: The present application generally relates to methods to prepare a fuel from a liquid biomass by first producing the liquid biomass from a solid biomass by a thermal process, and then processing the liquid biomass with a petroleum fraction in the presence of a catalyst. [Enlace](#)

Tema 3

Mezcladores con agitadores giratorios

N° Patente: US9512394B2

Título patente: Anaerobic digester service device with a separation curtain.

Año: 2016

Titular: Anaergia Inc.

Resumen: A digester tank has a servicing device that allows access to the interior of the digester tank. The sealing device may have a movable retention wall adapted to resist the pressure of the gas inside the digester by one or more of a) increasing the bending resistance of the retention wall, for example by inflating pockets in the wall, b) forcing the lower edge of the retention wall downwards, for example by weight, a mechanical arm or inflating pockets, and c) providing a mechanical structure within the retention wall, for example a non-moving cage-like structure. A sealing device with a fixed wall has a pipe with an isolation valve between the headspace of the tank and the inside of the sealing device. In operation, a seal may be formed across the separation curtain by raising the level of the liquid contents and closing the isolation valve. [Enlace](#)

Tema 4

Técnicas para la producción de bio-metanol

N° Patente: WO2017190224A1

Título patente: Integrated techniques for producing bio-methanol.

Año: 2017

Titular: Ultra Clean Ecolene Inc.

Resumen: Methods and systems for producing bio-methanol can include anaerobic digestion of a biomass feedstock to produce biogas including methane and carbon dioxide, partial oxidation of the biogas with oxygen from water electrolysis to produce syngas, synthesizing bio-methanol from the syngas and hydrogen from the water electrolysis, storing the bio-methanol during off-peak electricity demand, intermittently generating electricity from the bio-methanol during peak electricity demand and using such electricity for the water electrolysis. The techniques provide a route for the production of bio-methanol without the engagement of fossil fuels as feedstocks and mitigating fossil fuel derived greenhouse gas emissions from processing and utilization of transportation fuels and commercial or industrial alcohols. [Enlace](#)

Tema 5

Sistemas de gestión controlados por un computador

N° Patente: US9323238B2

Título patente: Bioenergy storage and management system and method.

Año: 2016

Titular: Buckenham N. Ross.

Resumen: A bioenergy management system and method for generating and supplying on-demand auxiliary electrical power is disclosed. The system/method includes a biogas generation

unit (BGU) that produces biogas from dairy farm manure and stores the biogas in a biogas storage unit (BSU). An stored energy electric generation unit (SEGU) converts the stored biogas to electricity. A biogas control unit (BCU) measures the quality and quantity of biogas stored in the BSU and calculates available electric power (AEP) from this information. Depending on auxiliary electrical power requirements, a utility control unit (UCU) initiates an on-demand request for electric power (REP) to the BCU using a producer communication device (PCD)/utility communication device (UCD) data link. The BCU processes the REP from the UCU and negotiates electrical power (NEP) quantity. The BCU may electrically connect the SEGU to an electric transmission grid (ETG) to allow instantaneous/scheduled NEP delivery to the ETG. [Enlace](#)

N° Patente: EP3106936A1

Título patente: Farm energy management.

Año: 2016

Titular: Schweiz AG.

Resumen: The present invention is concerned with energy management of a remote farm or rural agricultural community with no or limited access to a main electrical grid. According to the invention, an innovative use of a multi-grid system for the provision of electricity, water, and thermal energy for heating and cooling needs is proposed for farms and farming communities. The existence of at least one continual stream or flow of material in a network different from but interacting with an electrical microgrid is exploited in view of a flexible storage of energy beyond a conventional perimeter of the microgrid and without reconversion of the stored energy into electrical energy. Optimal operation of the microgrid may then be achieved by scheduling or planning electrical power generation within the farm in conjunction with farming related loads that likewise represent a time-wise degree of freedom. [Enlace](#)

Tema 6

Métodos para la obtención de fertilizantes a partir del uso de biodigestores.

N° Patente: US9533903B2

Título patente: Organics and nutrient recovery from anaerobic digester residues.

Año: 2017

Titular: Anaergia Inc.

Resumen: Sludge from an anaerobic digester is treated to recover one or more of fibers, or solids or liquids with a high nutrient content. The solids or liquids can be used as a fertilizer. The fibers can be used in a plant growing medium. Solids are separated from liquids in the sludge and dried. The solids may be dried to produce a flake or pellet. Ammonia in the liquids is recovered and used to produce a concentrated acidic ammonium salt solution. This solution may be mixed with the solids to produce a nitrogen enhanced solid. The fibers and solids or liquids can also be used in combination to produce an enhanced plant growing medium. A device and process for removing ammonia from a liquid can be used in the system or separately. [Enlace](#)

N° Patente: US20170099837A1

Título patente: Extracts of agricultural husks used to modify the metabolism of plants.

Año: 2017

Titular: Medina Esquer Luis Román.

Resumen: The invention relates to a non-toxic composition prepared from agricultural waste, including steps of a) hydrolysing the plant matter in acidic conditions; b) nitrating the released phenolic compounds; c) stimulating the coupling between the phenolic compounds which are nitrated or not; d) insolubilizing and separating the coupled compounds; and e) drying the precipitated insoluble solids. The resulting composition, when applied to plants, has phyto-regulating properties that induces favorable metabolic and physiological changes which promote increases in the mass of the roots and the photosynthetic capacity, in the resistance to biotic factors, in the tolerance to abiotic stress factors and/or in the productivity of the crops. [Enlace](#)

N° Patente: US9822020B2

Título patente: Nutrient recovery process.

Año: 2017

Titular: Anaergia Inc.

Resumen: Recovery of nutrients and fertilizer product from waste biomass, involves separating solids and liquid from anaerobic digester digestate; stripping ammonia from liquid and concentrating to produce brine; mixing brine with solids and drying.

Tema 7

Procesamiento de desechos vegetales de descarte para su conversión en biogás

N° Patente: WO2017035525A1

Título patente: Methods for the digestion of soluble components isolated from the spent grains of a fermentation process.

Año: 2017

Titular: Valicor Inc.

Resumen: A method of processing spent grains by removing suspended solids from the spent grains to produce a stream low in suspended solids, directing the stream low in suspended solids to an anaerobic digester, converting at least some soluble compounds to biogas, and producing a biogas. A method of processing spent grain, by separating a first stream consisting of spent grains into a second stream and a third stream wherein the second stream contains a majority of suspended solids, separating the third stream into a fourth stream and a fifth stream wherein the fifth stream is lower in suspended solids than the fourth stream, directing the fifth stream to an anaerobic digester, and converting at least some organic compounds to a biogas. A method of fermenting a grain product. [Enlace](#)

2.2.1.4.3 Tecnologías asociadas a equipos Biodigestores

Con el objetivo de profundizar el análisis sobre tecnologías específicas para la generación de biogás, se han identificado aquellas patentes que resultan de mayor interés, asociadas con nuevas innovaciones en equipos biodigestores.

Si bien el desarrollo de nuevas tecnologías de este tipo es amplio, con 36 patentes identificadas en el período 2012 - 2017, se observa que existe cierta concentración de estos nuevos desarrollos en 3 tipos de biodigestores: los equipos de Agitación Completa (Complete Mix Reactor), los equipos de Flujo Continuo (Plug Flow) y los equipos fabricados a partir de Geomembrana (polímero). Otros tipos de biodigestores patentados recientemente corresponden a los sistemas de lecho fluidizado, lecho fijo y reactor secuencial.

En relación con el tipo de sustrato utilizado, las patentes más recientes sobre biodigestores se enfocan en el uso de estiércol animal en general, y particularmente en purines de vaca/cerdo y excretas de aves. Por otra parte, los sustratos agrícolas tienen un uso menos

extendido, sin embargo, se han identificado algunos casos en donde el sustrato utilizado corresponde a desechos de frutas, verduras y otros desechos de la industria agrícola.

La siguiente tabla contiene un resumen de las principales tecnologías patentadas sobre equipos biodigestores, que han sido identificadas para el período 2012 - 2017, destacando a la institución solicitante, el tipo de biodigestor involucrado y el tipo de sustrato que este utiliza.

Tabla 2.5 Tecnologías de biodigestores patentadas por empresas internacionales en el período 2012 - 2017

Patente - Título/n° patente/Año publicación	Solicitante	Tipo de Biodigestor	Tipo de sustrato
US20170283833A1 Digestor anaeróbico múltiple para alto contenido de sólidos. 2017 Enlace	Anaergia Inc. Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Residuos agrícolas, estiércol, otros.
US9550702B2 Digestor tubular. 2017 Enlace	Felipe Hansen Fernández, Empresa Procycla Chile Enlace	Geomembrana polímero	Desechos agrícolas orgánicos
US20170172055A1 Sistema y método para la digestión anaeróbica de desechos de animales. 2017 Enlace	Holistic Farming, Inc.	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol de cerdos
US20170283338A1 Sistema de digestor anaeróbico de autolavado. 2017 Enlace	Daritech, Inc. Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol de vaca
WO2017046822A8 Biodigestor cíclico. 2017 Enlace	Marcopolo Engineering S.P.A. - Sistemi Ecologici Enlace	Geomembrana polímero	Desechos de criaderos de ganado.
KR1792120B1 Digestor anaeróbico de fácil mantenimiento. 2017	Woo Kyoung Coust Co Ltd.	Agitación completa (Complete mix reactor)	Estiércol
US9328323B2 Sistemas y métodos para la digestión de desechos sólidos. 2016 Enlace	Aikan North America, Inc. Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Residuos sólidos
EP2980203A1 Digestor anaeróbico para el tratamiento de residuos orgánicos. 2016 Enlace	Fomento de Construcciones y Contratas, S.A. Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Desechos agrícolas
EP3001844A1 Método para la fermentación controlada por ph y la producción de biogás. 2016 Enlace	Xergi Nix Technology A/S Enlace	Reactor anaeróbico secuencial	Desechos de criaderos de ganado.
CL201602464 Proceso de biogás con recuperación de nutrientes. 2016	Ductor OY Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Residuos agroindustriales

KR1679415B1 Sistema de digestión anaeróbica. 2016	Bkt Co Ltd Enlace Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Residuos de ganado
US9005443B2 Digestores anaeróbicos compartimentados. 2015 Enlace	Ronald E. Arnoldsen, JR. Enlace (Empresa asociada)	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol Otros desechos orgánicos
US20150140630A1 Proceso de tratamiento de estiércol con digestor anaeróbico. 2015 Enlace	Quality Flow, Inc. Enlace	No indica	Residuos animales
EP2831003A1 Aparatos para la producción de biogás y métodos relacionados. 2015 Enlace	Sereco Biotest S.N.C. Enlace	Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	Residuos animales
US9073770B2 Aparato digestor anaeróbico portátil de alta velocidad y método de operación. 2015 Enlace	Usemco, Inc. Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Estiércol; desechos agrícolas
WO2014155368A3 Biodigestor polifásico y su método de producción de biogás a partir de residuos orgánicos múltiples. 2015 Enlace	Jalote Anupam	Digestor para alto contenido de sólidos.	Estiércol
US9090497B2 Digestor de metano de alto contenido de sólidos modulable y escalable para granjas pequeñas a medianas. 2015 Enlace	Jeffrey H. Bragg	Geomembrana polímero	Estiércol
CL201502133 Un proceso integrado de digestión anaeróbica y oxidación aeróbica/anaeróbica de amonio y desnitrificación, snad, para producir biogas a partir de excretas avícolas. 2015	Universidad de Concepción.	No indica	Excretas de aves
US8765449B2 Sistema y método de digestión anaeróbica en tres etapas. 2014 Enlace	Advanced Bio Energy Development Llc Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Estiércol y otros (lodos industriales, municipales,...)
EP2803729A2 Método para operar un sistema de biogás para la fermentación continua de mezclas de sustrato. 2014 Enlace	Agraferm Technologies AG Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Estiércol
WO2014004932A1 Digestor anaeróbico Plug Flow con un compartimiento de precalentamiento interno. 2014 Enlace	Avatar Energy Llc Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol
EP2682470A1 Método para generar biogás a partir del procesamiento de restos de frutas o raíces o tubérculos. 2014 Enlace	IS Forschungs gesellschaft GmbH Enlace	No indica	Residuos de frutas, remolacha o tubérculos

CL201402652 Proceso de digestión anaeróbica bifásica para residuos orgánicos agroindustriales con co-substratos de purines de origen animal. 2014.	Universidad de Concepción. Enlace (empresa asociada)	No indica	Residuos agroindustriales Purines
CL201400766 Proceso para la producción de biogás y para la separación y captura de los gases del biogás que consiste en mezclar sustratos animales, sustratos vegetales, solución de cal y lodo biológico en un digestor anaeróbico. 2014	Bugley González Raúl Ricardo	No indica	Sustratos animales y vegetales
CL201403230 Un reactor de biogás que comprende un contenedor con una entrada para el material orgánico y una salida de biogás. 2014	Energiutvecklarna Norden AB Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Residuos agroindustriales
US20130171710A1 Reactor anaeróbico. 2013 Enlace	Advanced Biogas Technologies Srl	Lecho fluidizado (Upflow fluidized bed reactor)	No indica
EP2072615B1 Aparato y proceso para la conversión en biogás de vinaza de fermentación que surge como un producto de desecho de la producción de etanol. 2013 Enlace	Agraferm Technologies AG Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Vinaza
US20130149765A1 Digestor anaerobio para la producción de gas metano a partir de residuos orgánicos. 2013 Enlace	Gary N. Austin	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol
WO2013156784A1 Reactor de digestor anaeróbico y métodos para el tratamiento de corrientes de desechos orgánicos acuosos. 2013 Enlace	Cpi Innovation Services Limited Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Desechos agrícolas
US8608965B2 Sistema y método de mezclado accionado por gas. 2013 Enlace	Farm Renewable Environmental Energy Ltd. / Fre-energy Limited Enlace	Agitación completa (Complete mix reactor)	Desechos agrícolas
WO2013089544A1 Sistema de producción de biogás. 2013 Enlace	Instituto Superior Autónomo De Occidente, AC Enlace	Geomembrana polímero	Residuos animales
US8440084B2 Digestor anaeróbico lavable con biofilm fijo. 2013 Enlace	Greenwatt Enlace	Lecho fijo Flushed Anaerobic Digester with Fixed Biofilm.	Desechos agroalimentos, frutas/verduras, granjas pequeñas.
EP2569262A2 Proceso biológico para la conversión de	PMC Biotec Company BioConversion	Lecho fluidizado (Upflow fluidized bed reactor)	Desechos agrícolas

subproductos orgánicos. 2013 Enlace	Solutions, LLC (nombre actual) Enlace		
WO2012116394A1 Un digestor anaeróbico para digerir materia orgánica y producir biogás. 2012 Enlace	Cesco Australia Limited Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol de vaca
US8202721B2 Método y aparato para el procesamiento de sólidos. 2012 Enlace	Dvo, Inc. Enlace	Digestor para alto contenido de sólidos.	Estiércol de vaca
US20120329139A1 Procesador y digestor de biosólidos. 2012 Enlace	Dvo, Inc. Enlace	Flujo continuo (Plug Flow)	Estiércol de vaca

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO, WIPO e INAPI, 2018.

2.2.2 Tecnologías protegidas a nivel nacional

A nivel nacional, el volumen de patentes sobre nuevas tecnologías para la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, es significativamente menor en relación al volumen de patentamiento internacional.

A partir de la consulta realizada a la base de datos de patentes del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, en el período 2012 - 2017 se identificaron 13 patentes relacionadas con el área de interés del presente estudio, las que se concentraron principalmente en los años 2014 y 2015, con 6 y 5 patentes respectivamente. En el año 2012 y 2017 se identificó una patente cada año, mientras que en los años 2013 y 2016 no se identificaron patentes relacionadas.

Resulta interesante que sólo 4 de las 13 patentes identificadas corresponden a solicitudes realizadas por instituciones nacionales, mientras que los 9 restantes han sido solicitados por empresas internacionales.

La Universidad de Concepción posee las patentes CL201402652 y CL201502133, del año 2014 y 2015 respectivamente. En ambos casos, estas solicitudes aún no han sido resueltas por el INAPI. Otras patentes de instituciones nacionales corresponden a la CL201400766 (concedida en el año 2014), solicitada por Raúl Bugley González, y la patente CL201403642 (año 2014, aún pendiente de resolución), solicitada por Felipe Hansen Fernández, asociado con la empresa nacional Procycla.

La tabla 2.6 contiene el detalle de las instituciones que poseen patentes para el período 2012 - 2017, considerando su país de origen.

Tabla 2.6 Instituciones que poseen patentes en Chile para el período 2012 - 2017

Código patente	Empresa	País de origen
CL201602464	Ductor Oy	Finlandia
CL201502474	Cambi Technology As	Noruega
CL201501548	Planungsbüro Rossow - Gesellschaft Für Erneuerbare Energien Mbh	Alemania
CL201501547	Planungsbüro Rossow - Gesellschaft Für Erneuerbare Energien Mbh	Alemania
CL201500892	Sea Marconi Technologies Di Vander Tumiatti S.A.S	Italia
CL201403642	Hansen Fernández Felipe	Chile
CL201403230	Energiutvecklarna Norden Ab	Suecia
CL201402652	Universidad De Concepción	Chile
CL201402595	Mezy Marcel León	Francia
CL201502133	Universidad De Concepción	Chile
CL201400766	Bugley González Raúl Ricardo	Chile
CL201203306	Seab Energy Ltd	Reino Unido
CL201402337	Gea Mechanical Equipment Gmbh	Alemania

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos INAPI, 2018.

La siguiente tabla contiene el detalle de las patentes que han sido solicitadas en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI) para el período 2012 - 2017.

Tabla 2.7 Patentes solicitadas en el INAPI, en el período 2012 – 2017

N° patente	Título	Año de publicación	Estado	Solicitante	País Solicitante
201602464	Proceso de biogás con recuperación de nutrientes.	2017	Sin resolver	Ductor Oy	Finlandia
201502474	Procedimiento y dispositivo para la degradación biológica térmica y la deshidratación de una biomasa, que comprende: digestión y deshidratación, hidrólisis térmica, reducción de presión y explosión de vapor, deshidratación en dispositivo cerrado, enfriamiento y deshidratación, y conducir fase líquida desde el dispositivo cerrado hacia aguas arriba de un tanque de digestión.	2015	Sin resolver	Cambi Technology As	Noruega
201501548	Dispositivo para aplicar en una planta de biogás u otras plantas y procesos para el tratamiento de la biomasa que comprende un contenedor con un fondo inclinado, una pared de inmersión y/o una pared descendente donde sus extremos inferiores se ubican en todo momento por encima del nivel más bajo de líquido; y el metodo.	2015	Denegada	Planungsbüro Rossow - Gesellschaft Für Erneuerbare Energien Mbh	Alemania
201501547	Dispositivo para producir biogás mediante la fermentación en varias	2015	Denegada	Planungsbüro Rossow -	Alemania

	etapas en un solo recipiente provisto de separaciones adicionales.			Gesellschaft Für Erneuerbare Energien Mbh	
201500892	Proceso para la co-producción de bioenergía y productos desde la conversión integrada de biomasas y residuos municipales.	2015	Sin resolver	Sea Marconi Technologies Di Vander Tumiatti S.A.	Italia
201502133	Un proceso integrado de digestión anaeróbica y oxidación aeróbica/anaeróbica de amonio y desnitrificación, Snad, para producir biogás a partir de excretas avícolas.	2015	Sin resolver	Universidad De Concepción	Chile
201403642	Digestor anaerobio de flujo continuo para la metanización de materia orgánica y la producción de fertilizante, fabricado de polímero flexible de alta resistencia química a las condiciones de operación y a factores climáticos; y método para obtener biogás en un digestor anaerobio.	2014	Sin resolver	Hansen Fernández Felipe	Chile
201403230	Un reactor de biogás que comprende un contenedor con una entrada para el material orgánico y una salida de biogás, un dispositivo de desplazamiento del material que comprende un deflector dispuesto para tener una torsión de 45° hasta 90° por longitud de su eje; y metodo asociado.	2014	Sin resolver	Energiut vecklarna Norden Ab	Suecia
201402652	Proceso de digestión anaeróbica bifásica para residuos orgánicos agroindustriales con co-substratos de purines de origen animal en fase acidogénica y una cama de empaquetamiento lignocelulósica en fase metanogénica	2014	Sin resolver	Universidad De Concepción	Chile
201402595	Proceso de preparación de complejos vegetales activos y complejos vegetales/materias orgánicas dopados o sobre dopados, carbonatados, y sus aplicaciones en particular en metanización o fabricación de biogás.	2014	Sin resolver	Mezy Marcel León	Francia
201400766	Proceso para la producción de biogás y para la separación y captura de los gases del biogás que consiste en mezclar sustratos animales, sustratos vegetales, solución de cal y lodo biológico en un digestor anaeróbico, y capturar los gases producidos a intervalos de tiempo separados”	2014	Concedida	Bugley González Raúl Ricardo	Chile

201402337	Procedimiento e instalación para procesar estiércol líquido en estado bruto y/o residuos de fermentación obtenidos a partir de producción de biogás.	2014	Sin resolver	Gea Mechanical Equipment GmbH	Alemania
201203306	Aparato y método para la micro generación de energía renovable que comprende uno o más contenedores de procesamiento portátil que comprende una pluralidad de tanques pequeños de digestión para una pasteurización anaeróbica termofílica, un tanque grande de digestión para una digestión anaeróbica mesofílica y controlador para automatizar.	2012	Concedida	Seab Energy Ltd	Reino Unido

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos INAPI, 2018.

2.3 Iniciativas asociadas con la generación de biogás

A continuación, se describen las iniciativas de mayor interés en relación con la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, considerando proyectos relevantes realizados a nivel nacional e internacional desde el año 2008 a la fecha.

2.3.1 Iniciativas desarrolladas a nivel nacional

En Chile, se identificaron 3 iniciativas de carácter nacional, destacándose al Ministerio de Energía, La Fundación para la Innovación Agraria y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Además, se identificaron 28 iniciativas de carácter regional, concentrándose principalmente la zona centro-sur del país, en particular las regiones Metropolitana y del Biobío, tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2.15. Cantidad de iniciativas identificadas en Chile para la generación de biogás, por región

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de repositorio de CORFO, Base de Datos de Iniciativas FIA y Repositorio CONICYT. 2018.

En relación con las instituciones ejecutoras, se destacan Universidades nacionales como la Universidad de Concepción, Universidad de Chile, Universidad Mayor, Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de la Frontera y Universidad Técnica Federico Santa María. Además, se cuenta la participación de algunas empresas privadas, dentro de las cuales se destaca a AES Gener S.A., la Fundación Fraunhofer Chile Research, Biodiversa S.A., la Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural, Roberto Tamm y Cia Ltda., Biotecsur y la empresa Bioagro Energía Ltda., entre otras.

Una de las iniciativas más relevantes que se han llevado a cabo en Chile durante los últimos años corresponde al proyecto “Promoviendo el desarrollo de la energía a biogás en pequeñas y medianas agroindustrias seleccionadas”, desarrollado por el Ministerio de Energía y asistido técnicamente por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo

Industrial (ONUDI) en el marco del Programa Estratégico del FMAM-5 (Fondo para el Medio Ambiente Mundial para el Cambio Climático). El objetivo del proyecto apunta a “reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) promoviendo la inversión y el desarrollo del mercado de tecnologías de energía a biogás en PYMES del sector lechero, al mismo tiempo aumentar el conocimiento de estas tecnologías y el rol que pueden tener en el abastecimiento de energía limpia y segura a largo plazo”, por lo tanto, se busca aumentar el uso de energías renovables no convencionales dentro del sector lechero nacional, para así valorizar los residuos, disminuir los costos de uso de energía y generar una industria sustentable y más amigable con el medio ambiente. Con una duración de 4 años, se espera que el proyecto finalice en diciembre de 2018 [6].

El proyecto tiene 4 componentes principales:

1. Política e información: Fortalecer la política y la información dirigida al desarrollo de electricidad en base a biogás y generación de calor en agroindustrias, con foco en el sector lechero.
2. Capacidades técnicas y habilidades de ejecución: Incrementar buenas prácticas en el diseño, instalación y operación de plantas de biogás en el sector agroindustrial.
3. Inversiones y cartera de proyectos: Se ha adoptado la energía a biogás en las agroindustrias seleccionadas. Implica la asistencia técnica a pequeñas y medianas agroindustrias, promoción y difusión, generación de una cartera de proyectos de energía a biogás y la creación de instrumentos financieros para facilitar la inversión de los pequeños y medianos productores.
4. Monitoreo y evaluación: Plan de seguimiento y monitoreo del proyecto.

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA), impulsó tres iniciativas de gran interés para el desarrollo de la industria del biogás en Chile. La primera, implementada a partir del año 2012 en conjunto con la empresa Kaiser Energía, buscó desarrollar 6 plantas piloto de biogás para la producción de energía térmica a partir de residuos orgánicos generados por la agroindustria, enfocada en la pequeña y mediana agricultura que opera en sectores rurales de las regiones de Coquimbo y Los Lagos [7]. La segunda iniciativa, del año 2014, corresponde a la ejecución de dos proyectos para la generación de biogás con la participación de la empresa Biotecsur, proyectos PYT-2014-0141 y PYT-2014-0142 (ver detalle de estos proyectos en tabla 2.9).

En 2017, FIA impulsó una tercera iniciativa en conjunto con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) [8]. Esta se enmarca en el convenio marco de colaboración firmado el 22 de enero de 2013 entre el Ministerio de Energía y el Ministerio de Agricultura, con el objeto de promover de manera conjunta estrategias para el uso de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en el sector silvoagropecuario y para el uso eficiente de la energía, a objeto de aumentar tanto la competitividad como la sustentabilidad de este sector. A través de este convenio marco, FIA abrió en 2014 la convocatoria "Energías renovables no convencionales (ERNC) para el sector

agroalimentario y forestal" cuyo objetivo fue cofinanciar proyectos de inversión para la innovación que incorporen tecnologías para el autoabastecimiento energético en base a ERNC en el sector agroalimentario y forestal, de modo de mejorar la gestión energética de las empresas del sector y favorecer su competitividad y/o rentabilidad.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en su sede Remehue que agrupa a las regiones de Los Lagos y Los Ríos, implementó en 2016 una planta piloto de biogás a partir de residuos ganaderos. Esta consiste en una planta modular, con una inversión de 44 millones de pesos y financiada a través del Fondo de Acceso a la Energía I+D del Ministerio de Energía. La implementación de esta planta piloto apunta a generar conocimiento para poder aplicar la tecnología de biogás en los predios de pequeños productores agrícolas de las regiones de Los Lagos y Los Ríos [9].

A nivel regional, además de las iniciativas mencionadas, se destacan los esfuerzos realizados por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), para dar impulso a nuevos proyectos de I+D asociados con la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria. A continuación se destacan los proyectos desarrollados en los últimos años.

2.3.1.1 Proyectos financiados por Corfo

A continuación, se destacan los proyectos para la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, y que han sido financiados por la Corporación de Fomento de la Producción⁶ (Corfo).

Tabla 2.8 Proyectos financiados por Corfo, período 2010 – 2017

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
Remoción integral de carbono y nitrógeno con la obtención de biogás a partir de excretas de aves Enlace	2015	Universidad de Concepción	Validar una tecnología para la remoción integral de carbono y nitrógeno con la obtención de biogás a partir de residuos sólidos, basado en el metabolismo nitrificante – ANNAMMOX - desnitrificante (SNAD) y evaluar la factibilidad de un sistema de tratamiento de residuos orgánicos optimizado para la producción de Biogás, que involucre dos etapas; digestión anaeróbica y eliminación de nitrógeno y carbono.
Evaluación de un Novedoso Proceso Competitivo para la Conversión Rápida de la Biomasa Residual, Generada por el Sector Agrícola. Enlace	2013	Aes Gener S. A.; Fundación Fraunhofer Chile Research	Determinar la Factibilidad Técnica y el Impacto Económico de un Proceso Innovador que Permite la Rápida Conversión de Biomasa Residual Generada por la Actividad Agroindustrial y Vertederos Municipales en un Combustible Sólido para su Utilización en Centrales Termoeléctricas del País. Financiado por el Fondo I+D Aplicada.

⁶ No se han considerado proyectos para la generación de biogás que utilizan otros tipos de biomasa (no agropecuaria). Dentro de estos se cuenta el uso de algas, residuos industriales, residuos urbanos y acuicultura.

Desarrollo de un Nuevo Tratamiento para la Producción de Biogás a Partir de Residuos Orgánicos Sólidos por Digestión Anaerobia. Enlace	2012	Biodiversa S. A.; Delft University Of Technology; Distribuidora Coliumo Limitada; Universidad de Concepción.	Consiste en la optimización de la producción de biogás en el proceso de digestión anaeróbica (DA), obtención de un reactor nitrificante/ANAMMOX adaptado al efluente del proceso de digestión anaerobia y la obtención del proceso acoplado de digestión anaeróbica-nitrificante/ANAMMOX, optimizado para la producción de biogás; Protección y valorización de la tecnología. Financiado por el Fondo I+D Aplicada.
Diseño de un Modelo de Gestión para los Residuos de la Actividad Agrícola en el Valle de Azapa. Enlace	2012	Agrícola del Norte SA; Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural	Crear un modelo de gobernanza para productores locales que permita implementación y mantención del modelo gestión de residuos. Desarrollar una estrategia de puesta en valor económico de la gestión de los residuos. Diseñar un sistema de gestión de residuos agrícolas en el valle de Azapa para contribuir a la sustentabilidad del rubro mediante la creación de un modelo de gobernanza para los productores. Generar capacidades prácticas para la gestión de residuos agrícolas. Financiado a través del Fondo Bienes Públicos para la Competitividad Regional.
Co-digestión herramienta para mejorar rendimiento en producción de biogás. Enlace	2012	s/i	Financiado a través de Innova Biobío.
Potencial Metanogénico, una herramienta para desarrollar biogás en Chile. Enlace	2012	s/i	Financiado a través de Innova Biobío.
Generación de biogás a partir de guano de aves ponedoras provenientes de la empresa avícola Santa Elvira. Enlace	2011	Emilio Silva Hijos y Cia	Financiado a través de Innova Biobío.
Construcción de plantas de biogás mediante tuberías de pared estructurada para valorización de residuos agroindustriales. Enlace	2011	s/i	Financiado a través de Innova Biobío.
Prospección de tecnologías para implementación, desarrollo y manejo de plantas de energía de biomasa a partir de purines bovinos y residuos vegetales. Enlace	2010	ABS Chile Limitada; Agrícola Campo Verde Limitada; Consultora Sicut Ignis Limitada; Roberto Tamm y Cia Ltda; Otros.	Implementación de plantas de bioenergía a partir de biomasa constituida por purines bovinos y desechos vegetales para autoabastecimiento y venta de electricidad. Financiado a través del Fondo para Misiones Tecnológicas.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de repositorio de CORFO, 2018.

2.3.1.2 Proyectos financiados por FIA

A continuación se destacan los proyectos para la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, y que han sido impulsados en los últimos años por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Tabla 2.9 Proyectos financiados por FIA, período 2008 – 2017

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
PYT-2014-0142 Planta de Biogás y Cogeneración de Energía Térmica – Eléctrica Enlace	2014	Christof Weber Schilling	Generar Energía Eléctrica y Térmica (ERNC) a partir de la producción de Biogás con Biodigestor para autoconsumo en los distintos procesos productivos de la lechería, a través del Diseño, Construcción, Instalación de Equipos y Puesta en Marcha de una Planta de Biogás que permita la generación de energía limpia y renovable. Financiado a través del Ministerio de Energía.
PYT-2014-0141 Planta de tratamiento de purines con biodigestor y co-generación eléctrica para riego de biofertilizante. Enlace	2014	Siete Inversiones Limitada.	Generar Energía Eléctrica (ERNC) a partir de la producción de Biogás con Biodigestor para autoconsumo en los distintos procesos productivos de la lechería, a través de la construcción y puesta en marcha de una Planta de Tratamiento de Purines con Biodigestor y Co-Generación Eléctrica para Riego de Biofertilizantes y que permita la generación de energía limpia y renovable. Financiado a través del Ministerio de Energía.
Valorización energética de residuos agropecuarios en la provincia de Valdivia, integrada a un sistema de gestión de abastecimiento sostenible, para producción de biogás en unidades centralizadas de cogeneración, biofertilizantes y reducción de contaminante. Enlace	2008	Bioagro Energía Ltda.	El estudio tiene como objetivo sistematizar información técnica y económica, con el fin de implementar un programa de inversiones para la producción de biogás en unidades centralizadas a partir de la valorización energética de residuos agropecuarios, basado en un modelo organizacional y asociativo que permita un abastecimiento descentralizado, incorporando tres nuevos productos en la cadena de valor: energía eléctrica, energía térmica y biofertilizantes. El estudio se realiza en la Provincia de Valdivia, XIV Región de los Ríos. Financiado a través del Programa de Iniciativas FIA.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de la Base de Datos de Iniciativas FIA, 2018.

2.3.1.3 Proyectos financiados por CONICYT

A continuación se destacan los proyectos para la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, y que han sido financiados por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT).

Tabla 2.10 Proyectos financiados por CONICYT, período 2002 – 2017

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
Biomasa de nopal (opuntia) para bioenergía: aseguramiento de suministro en forma continua y sustentable. Enlace	2014	Universidad Mayor	Los principales problemas que aborda el proyecto son los siguientes: a) Seguridad Energética; b) Emisiones de Gases Invernadero; c) Cumplimiento de Nueva Regulación; d) Matriz energética en Chile.
Purificación de biogás y conversión de dióxido de carbono a metano (gas natural), mediante procesos bacterianos. Enlace	2012	Universidad de Chile	En Chile actualmente existe una fuerte crisis energética, principalmente debido al exceso de demanda de gas natural del país, por sobre las fuentes nacionales explotadas y la inseguridad en el suministro de la principal fuente abastecedora externa,... Financiado a través del Fondo Investigación y Desarrollo (I+D) - FONDEF.
Desarrollo de una Planta Demostrativa para la Producción de Biogás a partir de residuos domiciliarios y desechos Agrícolas para mejorar la calidad de Vida y el Acceso a Fuente de Energía Renovable No Convencional de Familias en el Sector Rural. Enlace	2011	Universidad Católica de Valparaíso	Determinar la producción de residuos y los requerimientos energéticos promedio de una familia rural de la zona central de Chile; Adaptar la tecnología de un biodigestor anaerobio para la producción de biogás a presión constante que permita su utilización en un hogar de modo simplificado.; Diseñar, construir, montar y poner en marcha una planta piloto para producción de biogás, estudiando las principales variables influyentes en su comportamiento y en la producción y uso del biogás.; Capacitar y motivar a la comunidad en los aspectos teórico-prácticos de la reutilización de residuos y su aprovechamiento energético. Financiado por FONDEF.
Producción Descentralizada de Biogás como Alternativa de Generación de Bioenergía a Nivel Rural. Enlace	2011	Universidad de la Frontera	Fomentar el uso descentralizado del biogás generado a partir de residuos orgánicos como combustible doméstico a nivel rural en la región de La Araucanía Desarrollar e implementar un digestor demostrativo a partir de materiales existentes que aseguren una fácil implementación y operación; Promover el uso de biogás como combustible renovable a nivel rural. Financiado por FONDEF.
Tratamiento anaeróbico de biomasa orgánica con biofilm celulósico para producción de biogás enriquecido y biofertilizante carbonado. Enlace	2010	Universidad de Concepción	Generar biogás usando biomasa orgánica y animal con co-sustrato celulósico suspendido para aumentar los rendimientos de metano y disminuir los costos de inversión y proceso. Financiado bajo el programa Fondecyt regular.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Repositorio CONICYT, 2018.

2.3.1.4 Otras iniciativas nacionales

Se destacan algunos trabajos de tesis que estudian el desarrollo e implementación de sistemas de generación de biogás a partir de residuos de la agroindustria, y con foco en los pequeños y medianos agricultores.

Tabla 2.11 Otras iniciativas desarrolladas a nivel nacional, período 2010 – 2017

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
Metodología práctica de evaluación técnico económico-ambiental y gestión de utilización de desechos orgánicos en industria de ganado para la producción de energía eléctrica.	2017	Sebastián Ortiz Medina	La realización de proyectos de generación de energía a través de plantas de biogás (Potencia < 100 kW), en la actualidad se puede tornar una tarea compleja, en especial para un desarrollador que se inicia en este rubro. El objetivo de esta tesina, es servir como herramienta para futuros proyectos como el expuesto en este artículo, ayudando en el desarrollo del proceso comenzando desde la idea del proyecto hasta su decisión de inversión. Tesis Universidad Técnica Federico Santa María.
Beneficios sociales, ambientales y económicos en la implementación de plantas de biogás para el tratamiento de desechos ganaderos en Chile. Enlace	2016	Iván Andrés Castro Soto	Determinar el potencial de producción de biogás a partir de estiércol animal y evaluar proyectos de biogás a partir de estiércol para estancias que tengan una población bovina entre 100 y 500 cabezas. Tesis Universidad Técnica Federico Santa María.
Estudio comparativo de pretratamiento para digestión anaerobia sobre el residuo agrícola alperujo. Enlace	2016	Barrera Celis, Andrea Edith	Conforme a los antecedentes presentados se puede establecer como hipótesis que al realizar pre tratamientos previos a la digestión anaerobia a residuos lignocelulósicos como el residuo olivícola, se genera un aumento de producción de biogás. Dentro de estos pre-tratamientos se destacan los pre-tratamientos térmicos, químicos, físicos, biológicos y combinación de estos. En este estudio se evalúa el efecto de diferentes pre-tratamientos sobre la digestión anaerobia de dos alperujos (variedad arbequina), de distinto origen, pertenecientes a la IV y VI región de Chile. Tesis Universidad Técnica Federico Santa María.
Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para auto abastecimiento energético: Una estrategia para diferentes contextos. Enlace	2015	Carrasco Allendes, Juan Luis	El objetivo principal de este trabajo es evaluar un proyecto de biogás para abastecimiento energético en un contexto determinado. Los contextos con potencial de producción de biogás se identifican principalmente como los agroindustriales, en donde existe disponibilidad de residuos. El caso base estudiado considera un flujo de estiércoles de cerdo de 14 toneladas por hora, lo que se traduce en una generación eléctrica de aproximadamente 1 [MW] y una generación térmica de 1,1 [MW]. Tesis Universidad de Chile.

<p>Estudio de pre-factibilidad técnico, económico, ambiental y social de la instalación de una planta mini generadora de biogás en la zona rural La Isleta de la comuna de Isla de Maipo utilizando desechos orgánicos del sector vinícola.</p> <p>Enlace</p>	2014	Madariaga Núñez, José Manuel y otros.	<p>El presente informe tiene como objetivo determinar la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de instalación de una planta de biogás en la zona rural La Isleta, comuna de Isla de Maipo, Provincia de Talagante.</p> <p>Tesis Universidad de Santiago.</p>
<p>Mejoramiento del proceso de digestión anaeróbica a través de un pretratamiento aeróbico: calibración de un modelo del proceso.</p> <p>Enlace</p>	2014	Valladares Contreras, Christian Gustavo.	<p>El propósito de este estudio es investigar el efecto de la microaireación sobre la digestión anaerobia, proponiendo y calibrando un modelo del proceso.</p> <p>Tesis Universidad de Santiago.</p>
<p>Estudio de la producción de biogás en función de la temperatura en un biodigestor tipo chino.</p> <p>Enlace</p>	2013	Gajardo Alarcón, Ninoska Loreto	<p>Este trabajo se desarrolló para evaluar la dinámica de producción de biogás en función del régimen térmico, estableciendo la relación entre las temperaturas que afectan a un biodigestor tipo chino y proponer zonas en Chile que posean mayor aptitud para aplicar esta tecnología. El biodigestor utilizado con capacidad de 10 m³, se alimentó tres veces por semana con una mezcla de relación 3:1 agua/estiércol (v/v).</p> <p>Tesis Universidad de Chile.</p>
<p>Evaluación y diseño para la implementación de una Planta de biogás a partir de residuo orgánicos agroindustriales en la Región Metropolitana.</p> <p>Enlace</p>	2013	Bruno Daniel Grass Puga.	<p>El presente informe tiene como objetivo determinar la factibilidad de instalación de una planta de biogás para la empresa Reciclajes Industriales S.A. en su actual locación. Hoy en día la empresa recibe más de setenta mil toneladas de residuos agroindustriales, los cuales son utilizados en su totalidad para la producción de biofertilizante –compostaje en pilas-. A partir de esto surge la oportunidad de obtener mayores ingresos a través de la producción de biogás, con la misma base de insumos y sin interrumpir la producción actual.</p> <p>Tesis Universidad de Chile.</p>
<p>Análisis de factibilidad técnica y económica de la generación de biogás a partir de purines mediante biodigestores anaerobios.</p> <p>Enlace</p>	2013	Lagos Susaeta, Francisco Manuel.	<p>Describir la situación actual del uso de purines para la generación de biogás mediante digestión anaeróbica, y generar modelos de biodigestores anaerobios aplicables a lecherías en Chile.</p> <p>Tesis Universidad de Chile.</p>
<p>Estimación de residuos disponibles en Chile con potencial de producción de biogás.</p> <p>Enlace</p>	2012	Pacheco Cifuentes, Jorge Edgardo.	<p>La presente monografía tiene por objetivo recopilar y actualizar la información disponible sobre la producción de biogás, para esto se dividió el estudio en cinco bloques que permitan conocer los procesos y factores relevantes en la generación de biogás, materias primas utilizadas en el proceso, biodigestores y usos del biogás. Además se estimó un potencial teórico de</p>

			<p>producción de biogás utilizando la información disponible sobre los residuos provenientes de la actividad agropecuaria, con este potencial se obtuvo una equivalencia de generación eléctrica de 1.911.877 Mwh/año, lo que corresponde a un 3.2% de la demanda eléctrica nacional.</p> <p>Tesis Universidad de Chile.</p>
<p>Estudio y Diseño de un Biodigestor para Aplicación en Pequeños Ganaderos y Lecheros.</p> <p>Enlace</p>	2010	Pérez Medel, Javier Andrés	<p>Esta memoria se motiva en la necesidad energética de los pequeños ganaderos y lecheros de la zona sur de Chile y en la débil situación de diversificación de la matriz energética del país, es por esto que se propone un Biodigestor como solución viable a esta necesidad.</p> <p>Tesis Universidad de Chile.</p>

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

2.3.2 Iniciativas desarrolladas a nivel internacional

En este apartado se describen algunas de las principales iniciativas que se han desarrollado a nivel internacional, con foco en Europa y Estados Unidos, para la generación de biogás a partir de residuos de la agroindustria aplicados a la pequeña y mediana agricultura.

Las fuentes de información que han sido consultadas para la identificación de iniciativas internacionales son:

- Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo – CORDIS, de la Comunidad Europea.
- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, DiCYT.
- Intelligent Energy Europe de la Comunidad Europea.
- United States Environmental Protection Agency - EPA, de Estados Unidos.
- United States Department of Agriculture - USDA, de Estados Unidos.
- International Renewable Energy Agency - IRENA.
- Sustainable Agriculture Research & Education - SARE Program, de Estados Unidos.

2.3.2.1 Iniciativas desarrolladas en Europa

Una de las iniciativas más importantes que se han desarrollado en Europa durante los últimos años corresponde al Proyecto “Programa Europeo Inteligente de Energía Sostenible de Biogás a pequeña escala a partir de residuos agroalimentarios para la autosuficiencia energética”, denominado Biogas3. Este proyecto,



que se ejecutó entre junio de 2014 y enero de 2015⁷, tuvo como objetivo fomentar la producción sostenible de energía renovable a pequeña escala a partir del biogás obtenido de residuos agrícolas y de la industria de alimentación y bebidas (residuos agroalimentarios) para lograr la autosuficiencia energética, contribuyendo de esta forma a una energía segura, sostenible y competitiva para Europa y promoviendo fuentes de energías nuevas y renovables que apuntan a la diversificación de la matriz energética.

En este proyecto participaron empresas e instituciones de 7 países de Europa, entre las que se cuentan a la Asociación de Investigación de la Industria Agroalimentaria (AINIA) de España, la Universidad de Turín en Italia, la Institución Renewables Academy AG de Alemania y la Asociación para la Coordinación Técnica de la Industria de Agroalimentos de Francia, entre otras, y fue co-financiado por el Programa Europeo de Inteligencia Energética (Intelligent Energy Europe Programme) de la Unión Europea [10].

La estrategia del proyecto se dirigió al sector agroalimentario, que es a la vez productor y consumidor en el esquema propuesto. Los principales resultados obtenidos se pueden resumir en los siguientes puntos [11]:

- Identificación de necesidades de los consumidores finales en cuanto a energía demandada, así como las dificultades con las que se encuentran en lo que concierne a la instalación de plantas de producción de biogás.
- Desarrollo de herramientas necesarias para abordar dichas necesidades de acuerdo con la información recogida, incluyendo modelos de colaboración empresarial, diseño y promoción de procesos a pequeña escala, modelos de gestión de la demanda de energía, y formación para el desarrollo de habilidades, concienciación y networking.
- Acciones sobre el terreno con el fin de promover este concepto a pequeña escala y para acercar las herramientas de desarrollo a los usuarios finales, incluyendo sesiones de formación (presenciales y on-line), talleres, webinars, sitios web, etc. y un programa específico de actividades presenciales en los lugares de implementación más prometedores.

⁷ Ver informe final de resultados del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Otra iniciativa financiada por la Comunidad Europea corresponde al Proyecto “Manure, the Sustainable Fuel for the Farm”, denominado Bioenergy Farm II y que se ejecutó entre marzo de 2014 y diciembre de 2016. El principal objetivo del proyecto apuntó a abrir el mercado para la digestión anaeróbica a micro-escala en granjas que utilizan principalmente estiércol propio. Esto se realizó a través de una ayuda directa a 700 agricultores para verificar la viabilidad de implementar sistemas de digestión anaeróbica de pequeña escala mediante el desarrollo de planes de negocios [12].

Los principales resultados del proyecto se pueden resumir en los siguientes puntos [13]:

- Creación de un portal para informar a los agricultores sobre los microdigestores.
- Posibilidad de realizar una exploración rápida en línea, por parte de los agricultores, para el desarrollo de un estudio de prefactibilidad.
- Desarrollo de una herramienta para determinar la factibilidad de implementación fuera de línea
- Programa de capacitación para consultores agrícolas en los países participantes.

En otra iniciativa de interés, La empresa Biotecnología y Desarrollo Tecnológico BYDT, spin-off de la Universidad de León (España), ejecutó en 2010 un proyecto para el desarrollo de plantas de biogás para pequeños productores ganaderos. Con la participación del estado de Turingia (Alemania) y la Comunidad de Castilla y León (España), el proyecto planteó el desarrollo e instalación de plantas de biogás de pequeña escala con un costo de 100.000 euros, lo que de acuerdo a BYDT es significativamente menor a los 1,5 - 2 millones de euros que generalmente cuesta la instalación de este tipo de sistemas. De esta manera, se ofrece una alternativa económica para la generación de energía y a la vez, una alternativa para el manejo de los residuos de animales (estiércol porcino y bovino) en granjas pequeñas y medianas [14].

Se han identificado otras 9 iniciativas dentro de Europa (ver tabla 2.12) que resulta de interés dado el énfasis que han puesto en el desarrollo de la industria del biogás, con foco en pequeños y medianos productores agrícolas.

Tabla 2.12 Proyectos enfocados en pequeños y medianos agricultores en Europa

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
<p>Convirtiendo estiércol en combustible: Una planta de Biogás basada en contenedores para granjas pequeñas y medianas.</p> <p>Turning manure into fuel: a container based LBG plant for small to medium scale farms</p> <p>Enlace</p>	2017	Biofrigas Sweden AB	<p>La empresa Biofrigas Sweden AB (Suecia) ha desarrollado y puesto a prueba una planta de energía basada en contenedores, descentralizada, de pequeña escala y de bajo costo, que convierte el estiércol en biogás licuado puro (LBG) al 97% y separa el CO2 que contiene.</p> <p>De acuerdo con la empresa ejecutora del proyecto, esto tiene varias ventajas, dentro de las cuales se puede destacar que:</p>

			<ul style="list-style-type: none"> - El biogás producido en forma licuada permite un fácil almacenamiento y transporte. - El contenedor es una estructura temporal y móvil que permite un modelo de financiación innovador que no requiere que los agricultores inviertan en la planta, lo que acelera la penetración en el mercado.
<p>Digestión anaeróbica de pequeña escala para el manejo eficiente de los residuos de granjas.</p> <p>Small scale anaerobic digestion for affordable, efficient and sustainable management of farms waste</p> <p>Enlace</p>	2016	Sereco Biotest SNC Di Luca Poletti	<p>Sereco Biotest S.N.C. es una empresa italiana líder en el campo de los servicios ambientales avanzados. Son proveedores especializados de soluciones de I + D de vanguardia en los campos de tecnología medioambiental y ecología industrial.</p> <p>En el presente proyecto, la empresa desarrolla el equipo GASFARM, un digestor anaeróbico de tamaño pequeño basado en la tecnología Anaerobic Baffled Reactor.</p> <p>GASFARM apunta a pequeñas y medianas granjas (SMF) de la industria ganadera y agrícola, que actualmente no pueden gestionar sus residuos de forma asequible.</p> <p>Este novedoso digestor anaeróbico es tecnológico eficiente, ya que está optimizado y se adapta al desempeño de las pequeñas empresas y los requisitos de costos. Permite el tratamiento de residuos in situ evitando costos de transporte e ingeniería civil, al tiempo que recupera recursos valiosos como biogás o nutrientes.</p> <p>Esta solución requiere mucho menos volúmenes de reacción en comparación con los Reactores de Agitación completa (CSTR), tiene mayores tasas de eficiencia y es fácil de instalar, transportar y manejar, reduciendo los costos.</p>
<p>Desarrollo de un Mercado sustentable para el calor obtenido en las plantas de biogás en Europa.</p> <p>Development of sustainable heat markets for biogas plants in Europe (BIOGASHEAT)</p> <p>Enlace</p>	2012 - 2015	e7 Energie Markt Analyse GmbH Danish Technological Institute Sogesca s.r.l. Otros	<p>El proyecto BiogasHeat abordó el problema del uso eficiente del calor de las plantas de biogás, desarrollando un conjunto de diferentes políticas, mejores prácticas, pruebas de campo y medidas de implementación del proyecto.</p> <p>Las plantas nuevas y existentes en los mercados europeos emergentes de biogás fueron el objetivo y se propusieron y demostraron soluciones concretas para utilizar el calor de manera eficiente.</p> <p>El proyecto se basó en un marco y análisis de mercado sobre el uso del calor del biogás, desarrollando modelos comerciales prometedores y estrategias empresariales para el uso y la recuperación del calor del biogás.</p>

			<p>Estos modelos y estrategias se probaron en el campo en cooperación con actores clave relevantes, como agricultores, operadores de biogás, municipalidades y compañías de calefacción urbana.</p> <p>Resultados obtenidos por el proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manual sobre “Uso sostenible del calor de las plantas de biogás”. - Realización de 65 estudios de prefactibilidad sobre estrategias y modelos comerciales para la utilización del calor de las plantas de biogás. - Participación de más de 500 partes interesadas nacionales en la primera ronda de talleres nacionales. - Pruebas de campo de 10 casos comerciales sobre el uso de calor de las plantas de biogás. - Asistencia técnica directa a los actores del mercado de calor de biogás.
<p>Gasificación por plasma de microondas avanzada de estiércol de cerdos y vaca para la generación de biogás de bajo costo.</p> <p>Advanced Microwave Plasma Gasification of pig and cow manure for cost-effective biogas generation PLAGASMIC Enlace</p>	2012 – 2014	<p>Liverpool John Moores University</p> <p>Ashleigh Farms (Waterford) Ltd.</p> <p>Acondaqua Ingenieria Del Agua SL.</p> <p>Otros</p>	<p>El presente proyecto involucra la pirolisis del estiércol utilizando tecnología de plasma inducido por microondas (MIP) que permite una liberación rápida de biogás.</p>
<p>Estrategia focalizada para permitir a granjeros Europeos aprovechar las oportunidades del biogás.</p> <p>A Focussed Strategy for Enabling European Farmers to Tap into Biogas Opportunities (GERONIMO II-BIOGAS) Enlace</p>	2011 - 2013	<p>European Biomass Industry association</p> <p>Innovacio I Recerca Industrial I Sostenible SL.</p> <p>Institut für Energiedienstleistungen GmbH</p> <p>Otros</p>	<p>El proyecto GERONIMO II-BIOGAS es una continuación del proyecto GERONIMO, que desarrolló el primer portal web interactivo para productores lecheros de la UE sobre el tema de la eficiencia energética en las fincas, y que identificó un claro interés entre los agricultores para adoptar la tecnología de biogás como método de gestión del estiércol.</p> <p>GERONIMO II-BIOGAS generó un trabajo en colaboración con los productores de productos lácteos y porcinos a nivel de base para cuantificar el potencial de biogás en sus granjas y capacitarlos para elaborar planes de negocios sólidos y estrategias de inversión en instalaciones de biogás. Los planes más prometedores fueron seleccionados como proyectos piloto de inversión de biogás.</p>

			<p>Paralelamente, las mejores prácticas en el ámbito de las políticas, esquemas e incentivos a favor del biogás de regiones líderes como Alemania, Austria y Dinamarca se transfirieron a otras regiones de la UE para crear marcos regionales a favor del biogás que eliminen las barreras del que impiden la incorporación de la tecnología del biogás en las granjas.</p> <p>Principales resultados del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auditorías energéticas en 72 granjas lecheras y porcinas de toda Europa. - 9 proyectos piloto de biogás. - Capacitación y desarrollo de conocimiento en estos agricultores.
<p>Mercados transfronterizos para la industria europea de bioenergía.</p> <p>Cross-border markets for the European bioenergy industry (CROSSBORDER BIOENERGY)</p> <p>Enlace</p>	2010 - 2013	<p>European Biomass Association</p> <p>Swedish Bioenergy Association Service AB</p> <p>Imperial College of Science, Technology and Medicine</p> <p>Italian Agriforestry Energy Association</p> <p>Otros</p>	<p>El objetivo general de este proyecto es ayudar a las PYME a evaluar los mercados de bioenergía en Europa con vistas a las inversiones transfronterizas, lo que hace que las PYME sean menos dependientes de las fluctuaciones de las condiciones del mercado nacional y el fortalecimiento de toda la industria de la bioenergía.</p> <p>El proyecto considera cinco sectores diferentes del mercado de bioenergía: biogás, calefacción a pequeña escala, calefacción urbana, cogeneración y biocombustibles para el transporte.</p> <p>Para cada uno de los 5 sectores del mercado, se han identificado criterios para el atractivo del mercado en colaboración con las empresas.</p> <p>Resultados del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cinco manuales sectoriales sobre requisitos de inversión para los 5 sectores - Cinco manuales de mercado específicos sobre el atractivo del mercado que contienen los resultados de la evaluación de 5 sectores bioenergéticos y estadísticas útiles sobre el potencial de biomasa disponible, cuotas de mercado y desarrollos. - Base de datos con todos los resultados estadísticos de 322 indicadores en toda Europa. - Un sistema de mercado de empresa a empresa (B2B) que ofrece a las empresas de bioenergía una plataforma en línea para sus actividades de marketing internacional.

<p>Desarrollo sostenible del mercado de biogás en Europa Central y Oriental.</p> <p>Sustainable biogas market development in Central and Eastern Europe (BIOGASIN)</p> <p>Enlace Enlace</p>	<p>2010 - 2012</p>	<p>Institut National for Solar Energy platform Education</p> <p>Centre for Renewable Energy Sources</p> <p>Otras</p>	<p>El proyecto BiogasIN tiene como objetivo desarrollar un mercado sostenible de biogás en Europa Central y Oriental (CEE), en particular en Bulgaria, Croacia, República Checa, Grecia, Letonia, Rumania y Eslovenia, utilizando los conocimientos y la experiencia de los mercados de biogás más desarrollados de Europa.</p> <p>El proyecto se diseñó para abordar los principales cuellos de botella en el desarrollo de nuevas plantas de biogás, a saber, procedimientos complejos de permisos y mecanismos de financiación inadecuados.</p> <p>Principales resultados del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis del potencial de producción de biogás a partir de materias primas agrícolas para 28 regiones en los 7 países seleccionados. - Análisis de los procedimientos de permisos y financiación para establecer plantas de biogás en 7 países de Europa central y oriental. - En total, 950 partes interesadas del mercado de biogás de Europa central y oriental participaron en las actividades de creación de capacidad: 160 representantes de instituciones de financiación, 290 representantes de organismos administrativos y más de 500 inversores potenciales en plantas de biogás agrícola. Más de 900 personas activas en la formulación de políticas de biogás y en el mercado de biogás de CEE participaron en 14 conferencias de alto nivel sobre biogás. - Más de 200 partes interesadas en el mercado del biogás participaron en 7 foros interactivos. 36 representantes de organismos administrativos, instituciones de financiación e inversores potenciales de países de Europa Central y Oriental participaron en 2 viajes de estudio en Alemania, Austria y la República Checa. - Las autoridades regionales de 17 regiones de los países destinatarios se comprometieron a apoyar el desarrollo de proyectos de biogás mediante la firma de documentos de posicionamiento.
<p>Producción de biogás a partir de residuos agrícolas en granjas europeas.</p> <p>Biogas Production from Agricultural Wastes in</p>	<p>2009 - 2011</p>	<p>Technology Transfer Centre Bremerhaven</p> <p>Bioazul S.L.</p>	<p>El proyecto FARMAGAS estuvo dirigido principalmente al pequeño y mediano agricultor.</p> <p>La finalidad del proyecto fue promover el desarrollo futuro del sector del biogás en países con un alto potencial a través de la difusión y transferencia del conocimiento existente para</p>

<p>European Farms (FARMAGAS)</p> <p>Enlace Enlace</p>		<p>Otras</p>	<p>incrementar la aplicación del proceso de digestión anaerobia de residuos agrícolas en granjas europeas.</p> <p>Se propuso difundir las ventajas de la digestión anaerobia y la producción de biogás que se iniciaron con el proyecto AGROBIOGAS e Identificar las principales trabas que impiden una correcta propagación de las tecnologías relacionadas con el biogás, así como proveer alternativas y soluciones para eliminar dichas barreras. Además, se apuntó a facilitar la transferencia de conocimiento y experiencias sobre la digestión anaerobia de los residuos agrícolas en los países participantes del proyecto, así como en otros países netamente agrícolas que también puedan estar interesados.</p>
<p>Biomass energy register for sustainable site development for European Regions (BEN)</p> <p>Enlace</p>	<p>2008 - 2011</p>	<p>Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology</p> <p>Rural Development Initiatives Ltd</p> <p>Biomass Research Centre</p> <p>Institute for Ecology of Industrial Areas</p> <p>Otros</p>	<p>Dentro del proyecto de tres años, se desarrolló una herramienta regional de planificación energética fácil de usar que describe las condiciones reales, facilita los pasos de planificación y respalda la toma de decisiones. El registro de energía de biomasa visualiza los sitios donde se concentra la energía a nivel regional y el potencial energético de la biomasa.</p> <p>El proyecto BEN se realizó en 4 regiones modelo que representan diferentes etapas de desarrollo del sector de la biomasa: North West (Reino Unido), Emscherippe (Alemania), Pojezierze Gostyninsko-Wloclawskie (Polonia) y Umbría (Italia).</p> <p>Resultados obtenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un portal de registro de energía basado en la web equipado con datos y aplicado para cada región modelo. - Una estructura del plan maestro de energía de biomasa regional transferible, 4 planes maestros de energía de biomasa regionales adaptados. - Establecimiento de redes bioenergéticas locales autosostenibles en las 4 regiones modelo de la UE. - Guías financieras, de gestión y tecnológicas para instalaciones / acciones de bioenergía.

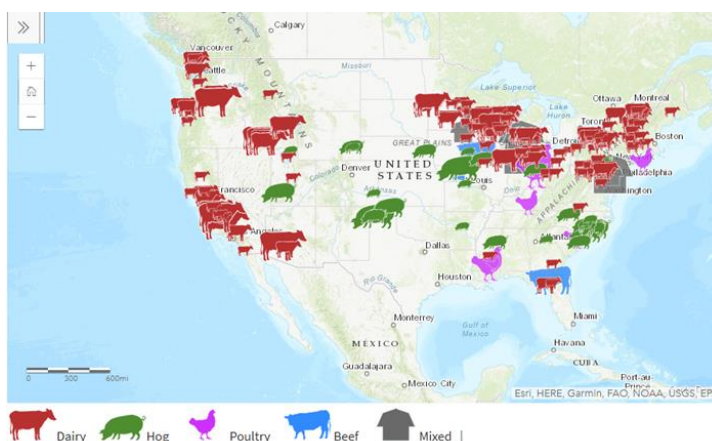
Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

2.3.2.2 Iniciativas desarrolladas en Estados Unidos

Una de las iniciativas más relevantes para el desarrollo de la industria del biogás en Estados Unidos, denominada AgSTAR, fue implementada por la Agencia de Protección Ambiental (United States Environmental Protection Agency - EPA) [15].

AgSTAR promueve el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los desechos del ganado. Además de producir biogás, los sistemas de digestión anaeróbica que promueve el programa apuntan a otros beneficios sociales, ambientales, agrícolas y económicos. Así, el proyecto ayuda a los productores ganaderos que habilitan, adquieren o implementan digestores anaeróbicos mediante la identificación de beneficios, riesgos, opciones y oportunidades del proyecto, proporcionando información y participando en eventos para crear un entorno de apoyo para la implementación de sistemas de digestión anaeróbica [16].

Además, el proyecto AgSTAR lleva un registro sobre las instalaciones de biogás que existen actualmente en Estados Unidos y que se puede acceder a través de la herramienta National Agricultural Anaerobic Digestion Mapping Tool [17]. Se centra principalmente en aquellas instalaciones que utilizan estiércol de cerdos, vacas y aves, así como también desechos de la



industria láctea y sistemas mixtos. El proyecto cuenta con el apoyo de importantes instituciones dentro de Estados Unidos, destacándose a Universidades, entidades gubernamentales y Organizaciones no-lucrativas. Algunas de estas instituciones son la Universidad de Cornell, la Universidad Estatal de Washington, la Organización América Sustentable, el Consejo del Biogás de Wisconsin, el Departamento de Agricultura y Alimentos del Estado de California y el Departamento de Comercio de Washington, entre otras [18].

Otra iniciativa de alto interés que ha sido implementada en Estados Unidos corresponde al Programa “Energía Rural para América” (Rural Energy for America Program; Renewable Energy Systems & Energy Efficiency Improvement Loans & Grants), desarrollado por el Departamento de Agricultura (United States Department of Agriculture - USDA), y que tiene como objetivo principal proporcionar financiamiento otorgando préstamos y fondos a productores agrícolas y pequeñas empresas rurales para el desarrollo de sistemas de energía renovable o para mejorar la eficiencia energética, como por ejemplo, para la implementación de sistemas de digestión anaeróbica para el tratamiento de los desechos de las granjas [19].

En la siguiente tabla se presentan otras 3 iniciativas que apuntan al desarrollo de la industria del biogás, con foco en pequeños y medianos productores agrícolas, y que han sido implementadas en Estados Unidos durante los últimos años.

Tabla 2.13 Proyectos enfocados en pequeños y medianos agricultores, desarrollados en Estados Unidos

Proyecto	Año	Participantes	Descripción
<p>Medición de la capacidad y producción de biogás a pequeña escala.</p> <p>Measuring small-scale biogas capacity and production.</p> <p>Enlace</p>	2016	International Renewable Energy Agency IRENA	<p>Guía de campo que presenta varias metodologías para estimar la capacidad, producción y consumo de biogás. Dicha información puede integrarse en censos nacionales, encuestas de hogares y encuestas de energía.</p>
<p>Proyecto colaborativo para el desarrollo de un digestor anaeróbico.</p> <p>Rainier Farm Biogas Project.</p> <p>Enlace</p>	2010	<p>Native Energy</p> <p>Rainier Biogas LLC Puget Sound Energy</p> <p>Washington State Energy Program</p> <p>Department of Energy</p> <p>USDA</p>	<p>Rainier Biogas ha colaborado con tres granjas familiares, Ritter Dairy, Wallin Dairy y DeGroot Brothers Dairy, para construir una base para el proyecto.</p> <p>Las granjas, que albergan un total de 1,200 vacas, contribuyen de forma colaborativa con el estiércol para alimentar al digestor. Al colaborar, estas pequeñas granjas han creado una solución para el manejo del estiércol que no estaría disponible para cada uno de ellos por sí solo.</p> <p>La comunidad ha apoyado este proyecto porque todos se benefician de él. Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero; protege los ríos y arroyos sensibles de la zona; y proporciona manejo de nutrientes de bajo costo para los agricultores locales.</p> <p>El proyecto Rainier Biogas utiliza un digestor de concreto sellado y calentado para transformar los desechos en electricidad. Recolecta el metano y alimenta a un generador eléctrico de 1 megavatio. Este generador entrega energía renovable a la red eléctrica de la región.</p>
<p>Evaluación y demostración de la tecnología de biogás a pequeña escala.</p> <p>On-farm Evaluation and Demonstration of Small-scale Biogas Technology.</p> <p>Enlace</p>	2009	Washington State University	<p>Presentar a los agricultores las oportunidades potenciales de aplicaciones de tecnología de biogás a pequeña escala.</p> <p>Desarrollar un diseño mejorado/modificado basado en las diversas tecnologías asiáticas que existen en la actualidad, para implementar y evaluar plantas piloto en tres granjas.</p>

		<p>Este proyecto evaluó los diseños existentes, desarrolló recomendaciones de diseño que superarían los problemas de rendimiento con los diseños existentes y fabricó tres unidades de demostración para la experimentación en la granja. El diseño final seleccionado para la fabricación fue un reactor simple de “flujo de pistón” (Plug Flow) que combinó elementos para mejorar la mezcla de alimentación y el flujo y la retención de bacterias sobre los diseños existentes, manteniendo la simplicidad para la fabricación con materiales fácilmente disponibles.</p> <p>Reporte final del proyecto en el siguiente enlace.</p>
--	--	---

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

2.4 Instalaciones actuales de biodigestores

En este capítulo se describen casos de implementación de equipos biodigestores para la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, tanto en Chile como a nivel internacional.

Para las instalaciones identificadas, se describen los datos de mayor relevancia para el presente estudio, los que corresponden a:

- Empresa que desarrolla la instalación.
- Año en que fue implementada.
- Tipo de sustrato que utiliza.
- Tipo de equipo biodigestor.
- Volumen de generación de biogás.
- Uso del biogás generado.
- Costo de la instalación.

Por otra parte, se han definido una serie de criterios para considerar que una instalación de biogás es de interés para este estudio. Estos criterios corresponden a:

- Las instalaciones utilizan desechos agrícolas como sustrato. Cualquier instalación de biogás que involucre el uso de otros tipos de sustratos no ha sido considerada para este análisis.
- Se considera sólo a aquellas instalaciones de biogás ejecutadas por empresas catalogadas como pequeñas y medianas⁸.
- Sólo se consideran instalaciones que se encuentran actualmente en funcionamiento. En este caso, no se consideran instalaciones que han sido abandonadas.

Considerando estos criterios, se describen 13 instalaciones que actualmente están operando en Chile y 29 instalaciones que operan en diversos países, distribuidos según se muestra en la siguiente figura.

⁸ Para el caso de las instalaciones en Chile, se utiliza la clasificación del Servicio de Impuestos Internos, por lo tanto, sólo se consideran empresas que poseen ventas de hasta 100.000 UF al año.

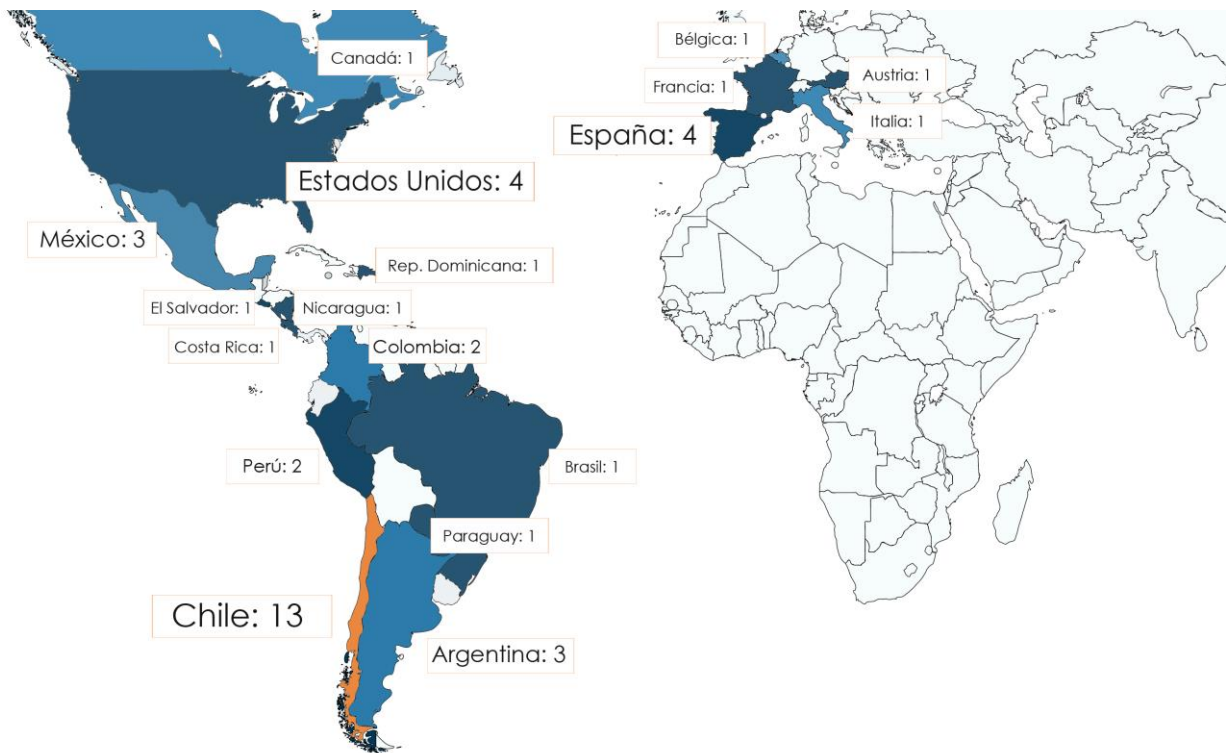


Figura 2.16. Cantidad de instalaciones descritas, asociados con la implementación de equipos biodigestores para la generación de biogás a partir de desechos agroindustriales
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología, 2018.

2.4.1 Instalaciones identificadas a nivel nacional

La cantidad de instalaciones de biogás que han sido implementadas en Chile es limitada y se ha centrado principalmente en proyectos de gran envergadura, evidenciando un desarrollo importante en la generación de biogás de gran escala a partir de residuos sólidos urbanos, lodos y riles. En este sentido, se destacan los proyectos implementados por las empresas Genera Austral S.A., ESSBIO, Metrogas S.A, entre otras [20].

Con respecto al uso de desechos de la agroindustria se destacan algunos proyectos de gran escala, como por ejemplo, la planta de biogás a partir de riles de la industria láctea desarrollado por la empresa Lácteos y Energía [21], la planta de biogás a partir de purines de cerdo de la empresa AASA Limitada [22] [23], y la planta implementada por la empresa Ancalí, la cual genera biogás a partir de purines de vaca y que además inyecta energía al Sistema Interconectado Central (SIC) [24].

Sin embargo, cuando se trata de instalaciones de biogás implementadas por operaciones agrícolas pequeñas y medianas, los casos de éxito son escasos. Se identificaron 13

instalaciones que actualmente se encuentran operando⁹, de la cuales cerca del 80% han sido desarrolladas por la empresa Biotecsur, utilizando como sustrato purines de cerdo, vacas y aves, y con una capacidad de generación de biogás que va desde los 0,5 m3/día en las operaciones más pequeñas y que corresponde a un plantel de 20 cerdos, hasta un nivel de producción de biogás por sobre los 30 m3/día, que corresponde a un plantel de hasta 250 vacas.

Otra empresa que se destaca a nivel nacional es Genera Austral, la que en 2013 implementó una planta de biogás a partir de purines de vaca para la empresa Lácteos Tinguiririca. Esta instalación resulta de interés ya que se encuentra en la cota superior de una operación mediana, con una producción de biogás de 50 m3/hr en un plantel que posee 700 vacas lecheras y que requirió una inversión de US\$1 millón.

La siguiente tabla contiene un resumen¹⁰ de las principales instalaciones de biogás que han sido implementadas en Chile, destacando a la empresa que desarrolló el proyecto, el año de implementación, el tipo de sustrato y equipo utilizado, el volumen de generación de biogás y el costo de implementación.

Tabla 2.14 Instalaciones de biogás implementadas en Chile

Instalación	Empresa desarrolladora	Año	Tipo de sustrato	Equipo	Generación de biogás	Costo
Energía Térmica CET Gendarmería Osorno	Biotecsur	2016	Excretas de aves	Piscina cubierta	s/i	\$30.000.000
Agrícola El Tranque de Angostura	Biotecsur	2013	Purines de cerdo	Biodigestor de geomembrana	s/i	s/i
Planta Biogas Energía Térmica CET Gendarmería Talca	Biotecsur	2013	Purines de cerdo	Biodigestor tipo piscina	1 m3/hr	\$30.000.000 \$35.000.000 (adicionales por alianza con CEAP)
Lácteos Tinguiririca	Genera 4 S.A.	2013	Purines de vaca	Agitación Completa (CSTR)	50 m3/hr	US\$ 1.000.000
Biodigestor agro-domiciliario Río Negro	Biotecsur	2013	Purines de cerdo	Piscina cubierta	0,5 m3/día	s/i
Proyecto Fundo El Maqui	Biotecsur	2012	Purines de vaca	s/i	s/i	s/i
Quebrada Honda	Biotecsur	2012	Purines de vaca	Piscina cubierta	4 m3/día	s/i
Fundo El Anima	Biotecsur	2012	Purines de vaca	Piscina cubierta	32 m3/día	s/i
El Coique	Biotecsur	2011	Purines de vaca	Piscina cubierta	15 m3/día	s/i

⁹ Para el análisis realizado en este capítulo no se han considerado las instalaciones de biogás que se encuentran abandonadas.

¹⁰ Para ver el detalle de cada instalación, ir al Anexo 5.

Fundo el Coihue	Biotecsur	2011	Purines de vaca en lechería	Piscina cubierta	5 m3/día	s/i
Proyecto biodigestores Coltauco	David Pérez	2010	Desechos orgánicos.	Indio y Chino	0,1 m3/hr	5.000.000
Fundo Maipue	Biotecsur	2008	Desechos orgánicos.	Geomembrana	0,5 m3/día	s/i
Biodigestor rural María Pinto	Bioconstructora de Mujeres de María Pinto	s/i	Residuos agrícolas	s/i	s/i	s/i

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

2.4.2 Instalaciones identificadas a nivel internacional

A nivel internacional, las instalaciones de biogás se encuentran extendidas en un amplio número de países. Estados Unidos, Canadá y España poseen una industria de generación de biogás madura, la que se ha extendido a operaciones cada vez más pequeñas. Sin embargo, también es posible encontrar casos de gran interés en países de la región, que poseen condiciones que son comparables a la realidad que vive Chile actualmente. Así, países como Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Colombia, Perú, Brasil, México y Argentina, poseen casos de éxito asociados con la implementación de tecnologías para la generación de biogás en operaciones agroindustriales pequeñas y medianas.

La práctica en estos países ha demostrado que es posible generar un modelo de desarrollo de biogás a pequeña escala, operado por pequeños y medianos productores agrícolas, generando una industria más amigable con el medio ambiente y que resulte rentable debido a los ahorros generados en el uso de energía y fertilizantes.

La siguiente tabla contiene un resumen de 29 instalaciones de biogás destacadas, que han sido implementadas en países de la región, así como también en Norteamérica y Europa. Se describe las instituciones involucradas en el desarrollo de los proyectos, el año de implementación, el tipo de sustrato y equipo utilizado, el volumen de generación de biogás y el costo de implementación.

Tabla 2.15 Instalaciones de biogás implementadas a nivel internacional

Instalación	País	Empresa desarrolladora	Año	Tipo de sustrato	Equipo	Generación de biogás	Costo
Nambí de Nicoya (Guanacaste)	Costa Rica	Viogaz	2017	Purines de cerdo	Biodigestor Viogaz modelo V4, 4 m3 de capacidad.	s/i	US \$660
Granja Gualanday	Colombia	Fundación Pro-Orgánica	2016	Purines de cerdo	Biodigestor semi industrial de 300m3.	80 m3/día	US \$231.000
Establecimiento ganadero "La Micaela"	Argentina	Biogás Argentina	2016	Purines de vaca	Tanque circular con base y paredes de hormigón de 20 cm de espesor recubierto en la	800 m3/día	s/i

					parte superior por dos lonas de geomembrana de PVC.		
Finca Santa Rosa del Tuma	Nicaragua	Asogamat	2016	Purines de vaca	Biodigestor doméstico de 13 m3 y otro mediano de 27 m3.	s/i	s/i
Matadero Camaguey	Colombia	Aqualimpia Engineering	2016	Rúmen, desechos orgánicos y aguas residuales	Biodigestor de 2.500 m3, casa de máquinas, sistema de captación y purificación de biogás.	s/i	s/i
COURCOUÉ Plant	Francia	HoSt	2016	Purines de vaca en combinación con hierba vieja.	Dos biodigestores de 1.000 m3 c/u.	s/i	s/i
Escuela Agrotécnica Salesiana	Argentina	Biogás Argentina	2016	Purines de vacas y cerdos, y excretas de aves. Suero lácteo.	Biodigestor agitación completa de 300 m3.	s/i	s/i
Hacienda San Ramón Agrícola Ganadera Onza	El Salvador	Aqualimpia Engineering	2015	Purines de vaca	Biodigestor de 3.500 m3 tipo laguna, con sistema de agitación.	2.000 m3/día	US\$150.000
Granja Xustás – Galicia	España	Norvento	2015	Purines de vaca	Norvento Bio-Plant 50 Biodigestor de 350 m3.	190 m3/día	s/i
Planta de biogás DEBO	Italia	SEBIGAS	2015	Purines de vaca	Reactores a lagunas cubiertas con recuperación del gas producido.	s/i	s/i
Jasper Hill Farm	Estados Unidos	EcoSolutions (Diseño) Mountain Air (construcción)	2014	Purines de vaca	Mixed Plug Flow	s/i	s/i
Biodigestor familiar en Ypacaraí	Paraguay	Consejo de Aguas de San Bernardino	2014	Purines de vaca	Contenedor de plástico cerrado herméticamente, de 5 metros de largo, enterrado a 50 centímetros de la superficie del suelo.	85 kg/día	US \$620
Planta Dendauw - West Flanders	Bélgica	Biogas-E Bélgica	2014	Purines de vaca; Desechos producción de leche.	Reactor de 125 m ³ .		US\$112.000

Planta de biogás Iscar	España	Biovec	2014	Desechos de gallinas	Digestor primario de 700 m3 con cobertura de hormigón y una balsa de digestor secundario y con gasómetro de doble membrana.	s/i	US \$2.000.000
Castelló de Farfanya	España	Ecobiogas	2014	Purín de vacuno y excretas de aves.	Digestor en tanque de hormigón con capacidad para 2.000 m3.	s/i	US \$590.000
Greenholm Farms	Canadá	PlanET Biogas Solutions	2014	Purines de vaca. Residuos de papas.	Biodigestor de agitación completa de 2.000 m3.	s/i	s/i
Biodigestor familiar provincia de Santa Cruz	Perú	Asociación Evangélica de Ayuda para el Desarrollo Comunal (Diaconia)	2013	Purines (mix)	Reactor de geomembrana de PVC de 10m3.	1 - 2 m3/día	US \$2.000 por cada familia
Rancho lechero "El Tarasco" Oaxaca	México	Sistema Biobolsa	2013	Purines de vaca	Sistema Biobolsa 40 m3.	40 m3/día	US\$4.700 (biodigestor)
Granja porcina Agronsella	España	Biovec	2013	Purines de cerdo	s/i	410 m3/día	US \$260.000
Wagner Farms	Estados Unidos	CHFour Biogas	2011	Purines de vaca	Biodigestor de 1.000 m3.	50 m3/hr	s/i
Keewaydin Farm	Estados Unidos	Avatar Energy Inc.	2011	Purines de vaca.	Plug Flow modular de 100 m3.	140 m3/día	US\$680.000
Biogenetik	República Dominicana	Terralimpia Biogas Solutions	2011	Purines de cerdo	Pozo cubierto de 2,000 metros cúbicos.	180 m3/día	US\$42.000
Granja La Estrella	México	s/i	2008	Purines de vaca	Biodigestor tipo laguna, de 30 m x 30 m.	1.400 m3/día	s/i
Reinford Farm	Estados Unidos	RCM Digesters	2008	Purines de vaca. Desechos agrícolas.	Agitación completa	s/i	s/i
Criadero de Cabañas Argentinas del Sol	Argentina	Bio Metano del Sur	2007	Purines de cerdo	Biodigestor de laguna cubierta de polivinilo de 2.250 m3.	500 m3/día	US\$120.000
Granja porcina de Isamisac	Perú	Cidelsa	2007	Purines de cerdo	Biodigestor de Laguna Cubierta de 90 m3.	24 m3/día	US\$6.500
Granja El Chanco	México	Ag cert.	2006	Purines de cerdo.	Biodigestor de tipo bolsa, de 60 m de largo por 40 m de ancho y 7 m de altura,	650 m3/día.	US \$39.000

					recubierto con plástico negro de alta resistencia.		
Granja Marujo	Brasil	Cooperativa Castrolanda	2006	Purines de cerdo	Digestor 1 de 1500 m ³ (10 por 50 por 3 metros de profundidad) y digestor 2 de 8 – 10 metros de diámetro por 3 metros de profundidad.	500 m ³ /día	US \$200.000
Fahringer Farm	Austria	Construcción propia.	s/i	Desechos de vacas, cerdos, suero.	Digestor tipo tanque de concreto de 150m ³ .	180 m ³ /día	US \$42.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el anexo 5 se describe en detalle cada una de las instalaciones identificadas, tanto a nivel nacional como internacional.

2.5 Consideraciones para la clasificación de biodigestores y desarrollo de fichas técnicas

Tomando en consideración las tecnologías específicas para la generación de biogás identificadas a partir del análisis tecnológico internacional, a continuación se realiza una descripción teórica-técnica de los principales tipos de biodigestores (reactores), que da origen a la propuesta de Fichas Técnicas de Biodigestores.

2.5.1 Dimensionamiento y aspectos de selección del biodigestor.

Los principales factores que influyen en la selección del biodigestor y sus condiciones operacionales, corresponden a los siguientes:

- i. Cantidad de la carga orgánica o residuos orgánicos disponibles (Define el tamaño del biodigestor).
- ii. El tipo de carga orgánica disponible (Según el grado de dilución, concentración o porcentaje de sólidos de los residuos puede variar el tipo de tecnología requerida).
- iii. Objetivo del tratamiento de los residuos (Producción de biogás y/o fertilizantes)
- iv. Demanda de biogás y patrón de consumo.
- v. Naturaleza y características del suelo de la ubicación del proyecto.
- vi. Temperatura ambiente y dirección de viento en la región.
- vii. Nivel tecnológico deseado.

La cantidad y tipo de desechos orgánicos con los que se alimenta el digestor tiene un efecto muy importante en su funcionamiento. Una forma para determinar el volumen del biodigestor es en base a la siguiente expresión:

$$V_R = TRH \cdot \dot{V}$$

V_R : Volumen Neto del Reactor

TRH : Tiempo de Retención Hidráulico (*HRT en inglés*) “Indica la cantidad de tiempo promedio que los sustratos permanecen en el reactor en procesos de flujo continuo”.

\dot{V} : Volumen de sustrato alimentado por unidad de tiempo.

Otros factores básicos de operación son:

- **Velocidad de carga orgánica VCO (OLR en inglés):** Parámetro que indica la cantidad de materia orgánica con que se alimenta el reactor por unidad de tiempo (día) y por unidad de volumen del reactor (m³).

$$VCO = \frac{kg_{materia\ orgánica}^{[11]}}{m^3 \cdot día}$$

- **Grado de mezcla o agitación en el reactor:** La actividad biológica dentro del reactor depende del contacto que tengan los microorganismos con la materia orgánica contenida en el sustrato alimentado.
- **Tiempo de retención de sólidos TRS:** Representa la media del tiempo de retención de los microorganismos en el digestor. Está directamente relacionado con la cantidad de material orgánico o sustrato volátil que entra y sale del reactor¹².
- **Temperatura:** Es uno de los parámetros principales de diseño debido a su vinculación directa con la velocidad de la digestión anaeróbica. Existen tres rangos de temperatura en los que se puede operar: por debajo de 25 °C, entre 25 °C a 45 °C y entre 45 °C a 65 °C.

2.5.2 Clasificación de los reactores

Como ya se ha mencionado con anterioridad, existen diferentes formas y criterios para clasificar los reactores anaeróbicos, en función de la configuración del sistema, de la temperatura de operación, el régimen de operación, etc. Sin embargo, en el presente trabajo se utilizará una clasificación en base a la velocidad del proceso.

En base al criterio de velocidad, la tabla 2.16 muestra la clasificación de los reactores más conocidos.

¹¹ La estimación de la materia orgánica útil presente en un sustrato específico se puede hallar en términos de kilogramos de sólido volátil ([kg] _SV), el cual es una aproximación de la fracción de materia orgánica total presente en el sustrato. Y también se puede encontrar en términos de kilogramos de demanda química de oxígeno ([kg] _DBO) o ([kg] _COD) en inglés, el cual es más exacto, ya que es una estimación de la materia orgánica oxidable presente en el sustrato, que es la que se puede degradar en el proceso de digestión.

¹² Los procesos más eficientes desacoplan TRH de TRS mediante la retención de sólidos (objetivo: $TRH < TRS$). Así se puede prevenir el lavado de los microorganismos de lento crecimiento, logrando maximizar la producción de biogás.

Tabla 2.16 Clasificación de Principales Tipos de Reactores Anaeróbicos.

<p>Reactores anaeróbicos de baja velocidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estanques anaeróbicos. • Tanques sépticos. • Lagunas anaeróbicas. • Mini-digestores. <p>- <i>Tipo chino e hindú.</i></p> <p style="text-align: right;">} “Estos tipos de reactores no se encuentran mezclados, por lo general no son adecuados para la producción de bioenergía”.</p>
<p>Reactores anaeróbicos velocidad baja/media</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor de mezcla completa (RMC)¹³ <ul style="list-style-type: none"> - Complete stirred/mix tank reactor (CSTR). • Reactor de flujo piston¹¹ <ul style="list-style-type: none"> - Plug Flow Reactor (PFR).
<p>Reactores anaeróbicos de velocidad media</p>	<p>Crecimiento Disperso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reactor de flujo ascendente con lecho de lodo¹⁴ <ul style="list-style-type: none"> - <i>Upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB).</i> • Reactor anaeróbico de lecho granular expandido. <ul style="list-style-type: none"> - <i>Expanded granular sludge bed reactor (EGSB).</i> *Variante de un UASB. • Anaerobic Baffled Reactor (ABR). • Reactor anaeróbico secuencial tipo batch.
<p>Reactores anaeróbicos de alta velocidad</p>	<p>Crecimiento adherido (Soporte)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtro anaeróbico¹² <ul style="list-style-type: none"> - <i>Anaerobic filter (AF).</i> • Reactor anaeróbico con lecho fijo (RALF). <ul style="list-style-type: none"> - Fixed bed reactor. *Variante de un AF. • Reactor de lecho fluidizado/expandido (RALEF). <ul style="list-style-type: none"> - Fluidized and expanded bed reactor (AFB).
<p>Reactores anaeróbicos de alta velocidad</p>	<p>Otros</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reactor de membrana anaeróbica. • Reactor híbrido. <ul style="list-style-type: none"> * Parte inferior UASB y parte superior FA. • Etc.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

¹³ Según la literatura, estos tipos de biodigestores son los más utilizados.

¹⁴ Según la literatura, estos tipos de biodigestores son los más utilizados.

2.5.3 Relación entre patentes y biodigestores asociados

Los reactores identificados como parte del análisis internacional de patentes se clasifican según se muestra en la tabla 2.17, donde los tipos de biodigestores corresponden a:

1. Reactor de mezcla completa RMC (Complete Stirred Tank Reactor CSTR).
2. Reactor de flujo pistón o continuo (Plug Flow Reactor PFR).
3. Reactor anaeróbico con lecho fijo RALF (Fixed Bed Reactor).
4. Reactor de lecho fluidizado/expandido RALEF (Fluidized and expanded bed reactor AFB).
5. Reactor o Proceso Anaeróbico Secuencial PAS (Anaerobic Sequencing Batch Reactors).
6. Reactor anaeróbico de membrana (Membrane Bioreactor MBR).
7. Anaerobic Baffled Reactor ABR.

Tabla 2.17 Tipos de Biodigestores Asociados a las Patentes.

Nro.	N° de publicación	Tipos de biodigestores relacionados (N° Ficha)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	US8765449B2							
2	US20130171710							
3	EP2072615B1							
4	EP2803729A2							
5	US9328323B2							
6	US20170283833A1							
7	US9005443B2							
8	US20130149765A1							
9	WO2014004932A1							
10	WO2012116394A1							
11	WO2013156784A1							
12	US20170283338A1							
13	US8202721B2							
14	US20120329139A1							
15	US8608965B2							
16	EP2980203A1							
17	US8440084B2							
18	US9550702B2							
19	US20170172055A1							
20	WO2013089544A1							
21	EP2682470A1	No Indica						
22	EP2569262A2							
23	US20150140630A1							
24	EP2831003A1							

25	US9073770B2							
26	EP3001844A1							
27	WO2014155368A3	Menciona reactor hibrido, no especifica.						
28	WO2017046822A8							
29	US9090497B2							
30	CL201502133	No Indica						
31	CL201402652	No Indica						
32	CL201400766	No Indica						
33	CL201602464							
34	CL201403230							
35	KR1792120B1							
36	KR1679415B1							

2.5.4 Características técnicas del sistema de biogás

El sistema de gas con el cual se maneja el biogás producido en el biodigestor debe considerar al menos los siguientes elementos:

- i. Cúpula o Gasómetro de gas.
- ii. Válvula de seguridad.
- iii. Válvula rompedora de vacío.
- iv. Válvulas térmicas.
- v. Apaga llamas.
- vi. Separadores de sedimentos.
- vii. Purgadores de condensado.
- viii. Filtro biogás (para eliminación de H₂S).
- ix. Medidores de gas.
- x. Manómetros.
- xi. Reguladores de presión.
- xii. Almacenamiento del gas.
- xiii. Quemador de exceso de gas.

La composición del biogás es bastante variada, pero se sabe que principalmente se compone de metano CH₄ (50 a 75 %) y dióxido de carbono CO₂ (25 a 50 %). Además, a nivel de trazas se pueden presentar otros componentes, de los cuales siempre se debe tener presente el vapor de agua (H₂O) y el sulfuro de hidrogeno (H₂S), esto básicamente por el uso que generalmente se le da al biogás.

Tabla 2.18 Resumen de principales usos del biogás.

Principales usos	Requiere eliminación de H ₂ S
Cocinas	Si
Calderas y calentamiento doméstico	No
Motores estacionarios	Si
Vehículos	Si
Almacenamiento	Si

Fuente: *Tratamiento anaeróbico de residuos, Producción de Biogás, Chile [25]*

Por lo tanto, es evidente que en la mayoría de los casos se debe eliminar el sulfuro de hidrogeno para el posterior uso del biogás. Para realizar este procedimiento, principalmente se hace uso de un *filtro por absorción* o un *filtro por adsorción*, que debe ser considerado e instalado en la línea de gas.

2.5.5 Descripción y detalles técnicos de los elementos mencionados

Los elementos mencionados a continuación podrán contener como materiales en su fabricación, cobre, bronce, aluminio que constituyan una aleación con cobre, acero al carbono para el suministro de biogás, **siempre y cuando se utilice el filtro biogás para eliminación de H₂S**. En caso contrario se deberán utilizar materiales anticorrosivos, como acero inoxidable o plásticos que cumplan con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.

Tabla 2.19 Descripción de los elementos del sistema de gas.

<p>Cúpula de gas o Gasómetro: El gas producido se puede almacenar de forma directa en la parte superior del digester (cúpula, domo o campana). La cúpula puede ser rígida, flexible o flotante. Otra opción es mediante un almacenamiento externo cercano al biodigester, al cual se le denomina gasómetro.</p>
<p>Válvula de seguridad (Sobrepresión): Esta válvula va colocada en la tubería de salida del gas. Se debe calibrar según la presión de diseño del biodigester. (Normalmente entre 15 a 20 cmCA).</p>
<p>Válvula rompedora de vacío: Esta válvula también debe ir en la tubería de salida del gas. Trabaja en conjunto de la válvula de seguridad, pero esta protege y alivia antes las depresiones (presiones negativas) evitando un posible colapso del tanque.</p>
<p>Válvula térmica de seguridad: Dispositivo de protección que se requiere cerca de la cúpula y de las fuentes de llama. Estas contienen un elemento fusible que, ante la presencia de suficiente calor, este se funde y la válvula cierra el paso de gas.</p>
<p>Apaga llamas: Generalmente consiste en un intercambiador de calor conformado por placas de aluminio corrugado y perforadas. De forma que, si se ocasiona una llama en el sistema, el apaga llamas reducirá su temperatura por debajo del punto de ignición y el fuego se extinguirá.</p> <p>Por lo general van posicionados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre válvula de seguridad y válvula de vacío. • En la cúpula del digester. • Después de purgar sedimentos.

- Cerca del quemador de gases en exceso.
- Etc.

Separador de sedimentos:

Básicamente consiste en un recipiente cilíndrico de 60 a 90 cm de longitud y con 30 a 40 cm de diámetro. Se instala en la parte superior cerca de la cúpula de gas. Este elemento funciona mediante el paso del gas por un deflector interior perforado de forma que se retiene parte de la humedad y todos los sedimentos grandes.

Purgadores de condensado:

Dado el proceso de digestión y la naturaleza de los distintos afluentes, el gas producido lleva bastante humedad, la cual condensa al entrar en contacto con las tuberías y accesorios de la línea. Por esta razón se deben colocar purgadores, filtro, o diseñar la red de forma de poder retirar el agua condensada en los puntos más bajos del sistema.

Por lo general, tiene una capacidad de un cuarto a medio litro de agua.

Filtro biogás (para eliminación de H₂S):

El sulfuro de hidrogeno (Ácido sulfhídrico) puede hallarse en concentraciones de hasta 4 a 6% en el biogás producido dependiendo de la naturaleza de los desechos procesados. La presencia de este gas provoca un olor desagradable y puede llegar a provocar daños graves por corrosión en tuberías dependiendo del material de estas. Además, la existencia de este componente limita los posibles usos del biogás (Ver tabla 2.18) por lo tanto se debe hacer uso de un filtro que purifique y elimine el sulfuro de hidrogeno presente en el gas. Para realizar esto se hace uso de un filtro por **Adsorción** o de un filtro por **Absorción**. En el primero de los casos por lo general se hace uso de carbón activado con el cual el H₂O reacciona en presencia de oxígeno produciendo azufre y agua. En cambio, el método por absorción hace uso de compuestos de hierro, soluciones alcalinas, utilización de carboncillo y cenizas, compuestos orgánicos, entre otros. Materiales en los cuales se deposita el azufre logrando purificar el biogás.

Medidor de gas:

Se requiere medidores de gas para tener un mejor control de la operación del sistema. Estos pueden ser de fuelles, diafragmas de flujo, placas de orificio, presión diferencial, etc.

Manómetros:

Los manómetros se pueden instalar en varios puntos del sistema, por lo general se requieren en una escala de cmCA.

Reguladores de presión:

Habitualmente se instalan antes y después del quemador de gases. Suelen ser de diafragma y controlan toda la presión del sistema. Normalmente se taran a 20 cmCA.

Almacenamiento de gas:

Como se mencionó anteriormente, el almacenamiento se puede llevar a cabo directamente en la cúpula del reactor, sin embargo, cuando se requieren acumular mayores volúmenes por cierto periodo es adecuado utilizar gasómetros. En estos conviene almacenar el gas ya tratado y se pueden utilizar gasómetros a presión (aproximadamente a 3,4 Atm) o de cubierta flotante (a baja presión, cercana a 20 cmCA).

Quemador de exceso de gas:

Básicamente se utilizan para eliminar los gases en exceso en sistema. Se hace uso de una llama piloto de quemado continuo.

Fuente: Manual de Biogás, Chile [26]

2.5.6 Normativa relacionada en términos de instalación, técnica y materiales

De acuerdo con lo publicado el jueves 2 de febrero de 2017 en el “**DIARIO OFICIAL DE LA REPUBLICA DE CHILE**” el Ministerio de Energía “**APRUEBA REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS PLANTAS DE BIOGÁS E INTRODUCE MODIFICACIONES AL REGLAMENTO DE INSTALADORES DE GAS**” (Núm. 119.- Santiago, 1 de septiembre de 2016)¹⁵. Se introducen las siguientes generalidades:

¹⁵ Disponible en www.diariooficial.cl mediante el código de identificación CVE 1176358.

- i. El documento establece los requisitos mínimos de seguridad con los que deberá contar las plantas de biogás. (Ver Artículo 1°). Por lo cual, la lectura y entendimiento del documento señalado, es indispensable para la correcta instalación y operación tanto del punto de vista técnico como legal.
- ii. Artículo 4°. - *“En materias de diseño, construcción, operación, mantenimiento, inspección y término definitivo de operaciones de las plantas de biogás, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles podrá permitir el uso de tecnologías diferentes a las establecidas en el presente reglamento, siempre que se mantenga el nivel de seguridad que el presente reglamento contempla. Estas tecnologías deben estar técnicamente respaldadas en normas, códigos o especificaciones nacionales o extranjeras, o en prácticas recomendadas de ingeniería internacionalmente reconocidas.*

Con tal propósito, el interesado debe presentar el proyecto de una planta nueva o de su modificación, y un ejemplar completo de la versión vigente de la norma, código o especificación extranjera utilizada, en idioma español, o con traducción en español, así como cualquier otro antecedente que solicite la Superintendencia destinado a acreditar los niveles de seguridad a que se refiere el inciso precedente y el respaldo técnico o normativo de las tecnologías, que se quieren implementar.

Una vez presentados tales antecedentes y de no haber observaciones al respecto de parte de la Superintendencia, ésta se debe pronunciar sobre el proyecto, pudiendo permitir su uso, ya sea con un alcance específico o de aplicación general según sea el caso”.

Adicionalmente desde el Decreto Supremo N° 280 de 2009 “Reglamento de Seguridad para el Transporte y distribución de Gas en Red” se puede identificar ciertas normativas relacionadas:

- Decreto con Fuerza de Ley N°323 de 1931, “Ley de servicios de gas”.
- Decreto Supremo N°67 de 2004, “Reglamento de servicios de gas en red”.
- Decreto Supremo N°66 de 2007, “Reglamento de instalaciones interiores y medidores de gas”.
- Decreto supremo N°254 de 1995, “Reglamento de seguridad para el transporte y distribución de gas natural”.
- Códigos ANSI/ASME B31.8 o ANSI/SME B31.8S o NFPA 58.

En particular:

- Para los aspectos técnicos de diseño, construcción, instalación, revisión de construcción y ensayo de redes de transporte y/o distribución aplicará el Código **ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** de E.E.U.U.

- Para la gestión de integridad de tuberías, aplica el Código **ANSI/ASME B31.8S-2004 “Managing System Integrity Of Pipelines”** de E.EU.U.

Otros aspectos relevantes en el decreto 119 son:

- En el artículo 5° se define terminología, significado y alcance efectos al respectivo reglamento. Además, en este mismo artículo se establece la siguiente clasificación para instalaciones de producción y suministro de biogás:
 - **Instalaciones pequeñas:** Potencial nominal menor o igual a 180 kW.
 - **Instalaciones medianas:** Potencia nominal mayor a 180 kW y menor o igual a 900 kW.
 - **Instalaciones grandes:** Potencia nominal mayor a 900 kW.
- Entre los artículos número 13 al 28 (Título II, Del Diseño y Construcción, Capítulo I, Generalidades) se destacan las siguientes observaciones.
 - a. El diseño y construcción de obras civiles quedan sujetas a las especificaciones establecidas en el decreto con fuerza de ley N°458, de 1975, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que aprueba nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones y en el decreto supremo N°47, de 1992, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y las correspondientes normas técnicas establecidas en ellas.
 - b. Los recipientes o contenedores que operen a una presión máxima mayor o igual a 1 bar deben ser diseñados y fabricados de acuerdo con la norma **ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1**, en tanto no haya una Norma Chilena Oficial vigente en la materia.
 - c. Además, en el diseño y construcción de instalaciones medianas y grandes se deberán considerar los requerimientos de la norma chilena **NCh 2369 Of.2003**.

Adicionalmente respecto a la integridad estructural frente a sismos se deberá cumplir con los requisitos establecidos en la **NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales**. Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.

2.5.7 Aspectos económicos

El costo asociado a la implementación de una instalación para la producción de biogás depende de varios factores. Aspectos como la complejidad técnica y el grado de automatización son claves para determinar los niveles de inversión que serán requeridos para un proyecto, ya que de estos dependerá el tipo de equipamiento y maquinaria que se

requerirá, así como también la necesidad de realizar obras de construcción específicas para la instalación de estos equipos [2].

En términos generales, la inversión requerida para un proyecto de generación de biogás se divide en 3 grandes ítems:

- Obras civiles
- Equipos y materiales (nacionales)
- Equipos (importación)

Las obras civiles, como la construcción de estanques, movimiento de tierra e instalaciones varias, representa uno de los ítems de costo más importantes, considerando que puede alcanzar el 50% de la inversión total de la instalación. Por otra parte, la inversión en equipamiento depende del tipo de tecnología que se instalará, así como la disponibilidad de equipos a nivel local. Se destaca en este caso la necesidad de invertir en equipos de bombeo, tuberías y equipos de generación eléctrica. En el caso de ciertos equipos que no se encuentran en el mercado nacional, estos deben ser importados desde empresas especializadas [2].

La inversión para una instalación de biogás también estará condicionada por su tamaño, asociada principalmente al tamaño de la instalación agrícola en donde se implementará (cantidad de animales, cantidad de sustrato, espacio disponible, etc.). El tamaño del plantel (cantidad de animales), definirá la cantidad de sustrato disponible, y esta a su vez definirá el tamaño del biodigestor. La evidencia empírica muestra que el costo de inversión por cada m³ de biogás producido es decreciente a medida que aumenta el tamaño de la explotación, mientras que el período de recuperación de la inversión inicial es significativamente mayor en planteles pequeños. Por ejemplo, para un plantel de 100 cabezas, la recuperación de la inversión inicial se reduce en un 50% en relación a un plantel de 20 cabezas [27].

También se debe tomar en consideración el costo de reemplazo de los equipos, lo que estará condicionado a la vida útil del biodigestor y sus partes.

2.5.8 Fichas técnicas de biodigestores

A continuación, se presentan las fichas técnicas asociadas a los equipos biodigestores identificados, la cual corresponde a un documento que contiene, entre otras cosas, la descripción general de funcionamiento, componentes requeridos, elementos de seguridad, mantenimiento y exigencias de instalación, pero que en ningún caso corresponde a una guía de instalación para condiciones particulares de topografía, clima o presupuesto, entre otros.

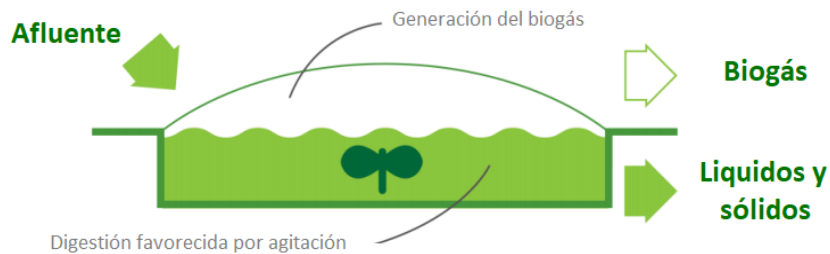
2.5.8.1 Reactor de mezcla completa RMC (Complete Stirred Tank Reactor CSTR)

Descripción General: El reactor de mezcla completa es una unidad de volumen constante, con temperatura controlada y con agitación permanente no violenta. De forma que se mantiene una distribución de concentración orgánica uniforme. Se cumple que $TRH = TRS$, necesiándose tiempo de retención relativamente altos 15 a 40 días. Estos pueden ser sin recirculación (ideales para altas concentraciones de sólidos) o con recirculación, el cual permite menores TRH. (Es CSTR con recirculación se denomina sistema o reactor anaeróbico de contacto).

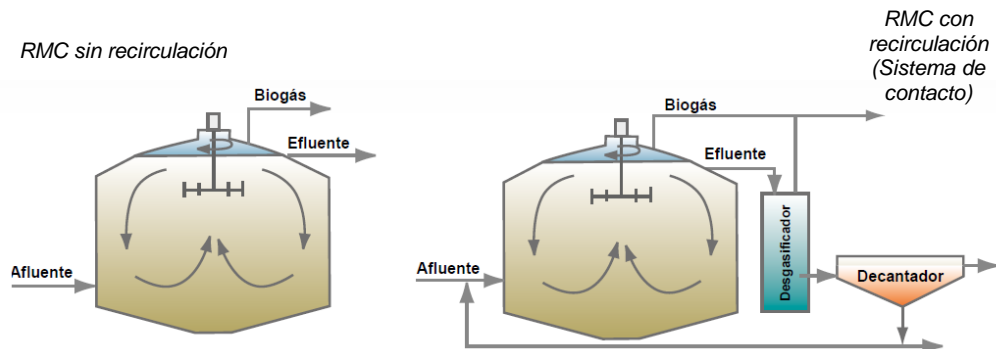


CSTR Plant in Langendorf (Germany)
Fuente: www.ows.be

Funcionamiento



Fuente: Adaptado de www.rcmdigesters.com



Fuente: MINENERGÍA / GIZ, (2012), *Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile*, Chile [2].

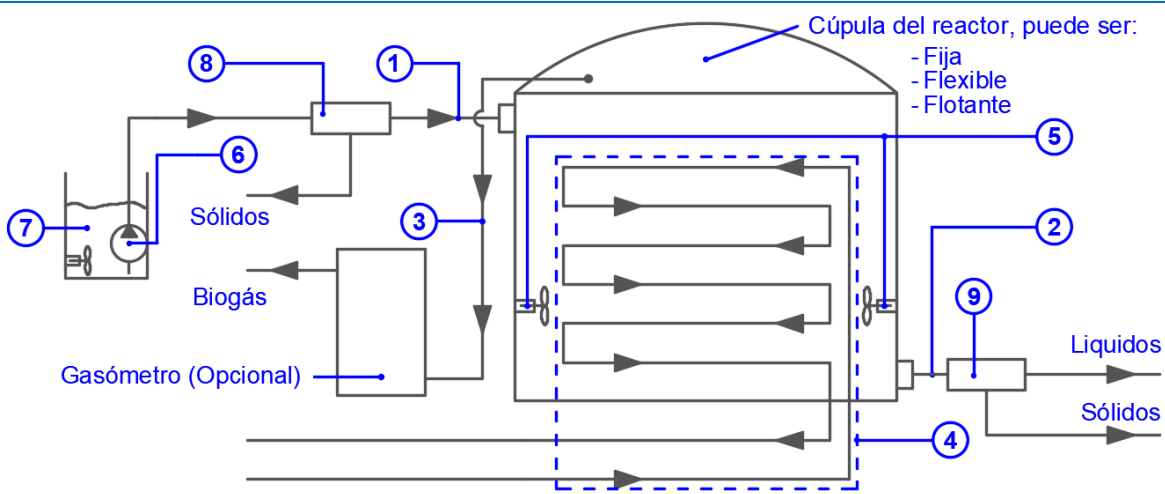
Descripción general del funcionamiento: Estos reactores pueden ser utilizados de forma continua, semicontinua o discontinua. En general operan con un afluente con 3 a 10 % de sólidos, pero el rango más habitual corresponde entre 6 a 8%. Para el ingreso de los sustratos se puede contar con una bomba o bien se puede diseñar el sistema para que opere por gravedad.

La mayoría opera en el rango entre 25 a 45 °C, preferiblemente 35°C. Además, el intercambiador de calor debe controlar la temperatura de forma que no existan fluctuaciones mayores a 0,55 °C, por lo que en ocasiones se requiere de un buen aislamiento. En caso de operar con recirculación (Sistema de contacto) se reduce el TRH debido al aumento de retención de microorganismos.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Generalmente consisten en estanques verticales de sección circular aislados del suelo.
- Su construcción puede ser en acero u hormigón armado.
- Techo o tapa del estanque puede ser una fija, una tapa flexible inflable o una cubierta flotante (Todos deben ser completamente herméticos)
- Se pueden diseñar y construir para diversos volúmenes, incluso por sobre 3.000 m³, pero esto último no se recomienda.
- Velocidad de carga orgánica en el rango de 1 a 3 [kgsv/m³día].



Componentes Requeridos

1. Tubería afluente.
 2. Tubería efluente.
 3. Tubería Biogás.
 4. Sistema de calefacción (Intercambiador de calor).
 5. Sistema de mezclado mecánico o neumático.
 6. Bomba sustrato (Opcional, el sistema puede operar por gravedad)
 7. Tanque de mezclado de sustratos (Opcional)
 8. Separador de sólido afluente (Opcional, depende de la cantidad de sólidos contenidos en la carga orgánica)
 9. Separador de sólidos efluentes (Opcional)
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

1. Válvulas de alivio vacío.	<i>Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.</i>
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	

4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	<i>El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"</i>
5. Válvulas anti retornos de gas.	
6. Llama piloto permanente de quemado.	<i>Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).</i>
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	
Mantenimiento	
<p>El sistema requiere mantenimiento para bombas y mezcladores (motores eléctricos) según las recomendaciones del fabricante respectivo, además para el mezclador también se debe considerar lubricación recomendada. En general consiste a procesos de limpieza de bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.</p> <p>En caso de contar con tanque de mezcla este requerirá limpieza ocasional. Se deben revisar las tuberías de salida del efluente y biogás periódicamente para asegurar su funcionamiento y evitar un aumento de la presión del sistema. Por lo general se debe recurrir a la eliminación de lodos cada 8 a 10 años.</p> <p>La cubierta del biodigestor se debe inspeccionar periódicamente para identificar grietas, rasgaduras, desgaste, tensión y acumulación de aguas lluvias.</p>	
Exigencias de Instalación	
<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU "Equipos para atmósferas potencialmente explosivas" • Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular. • La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006. • Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros. • Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno. • El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte. • Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos. • Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás. • Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás. • Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales. 	

- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.
- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.
- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
- El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
- Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
- Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
- Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
- En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulación de sólidos.
- Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
- Se debe considerar un arresta llamas antes de cualquier artefacto a biogás.
- Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.

- Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.
- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
- El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
- El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
- Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity Of Pipelines”**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

Aspectos Económicos

A partir de información recopilada sobre instalaciones de biogás que han sido implementadas en la última década, se estima que la construcción de un biodigestor de mezcla completa tiene un costo en el rango de US\$75 y US\$830 por cada m³/día de biogás producido. La amplia diferencia que existe en el rango de costo descrito se asocia principalmente al tamaño de la instalación. Así, a medida que la capacidad de generación aumenta, el costo por cada m³/día de biogás producido disminuye.

Las inversiones que se deben realizar para la instalación de un biodigestor de mezcla completa se resumen en los siguientes puntos:

- Obras civiles
- Equipos
- Materiales

Las inversiones en obras civiles corresponden a: Movimiento de tierra, construcción (estanque, salas de máquinas, oficinas y otras) y la instalación. Las obras civiles pueden representar entre un 30% a un 50% del costo total de la instalación (Fuente: MINENERGÍA/GIZ, 2012).

La inversión en equipos corresponde principalmente al costo del biodigestor, agitadores, sistemas de control, bombas, equipos eléctricos, tuberías, entre otras.

La inversión en materiales debe considerar el costo de membranas de polímero (HDPE, PVC) y materiales para aislación térmica.

Se debe considerar además la existencia de costos notariales, gestión de contratos, entre otros de tipo administrativo (Fuente: URRRA, 2009).

El tamaño de la instalación influye directamente en la distribución que tendrán los costos asociados a la inversión. A medida que la instalación es de mayor tamaño, los costos de obras civiles representarán un mayor porcentaje de la inversión total, mientras que el costo de maquinarias y equipos será menor.

De acuerdo con el Programa AgStar de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, el costo de capital de un digestor anaeróbico para ser utilizado en una granja, oscila entre US\$ 400.000 a US\$ 5.000.000 dependiendo del tamaño de la operación y la tecnología utilizada. Una unidad de digestión anaeróbica típica tiene un costo aproximado de US\$ 1.2 millones, lo que varía dependiendo del tamaño de la unidad, el diseño y las características (Fuente: University of Wyoming, 2018). Sin embargo, estas estimaciones no consideran las instalaciones para granjas más pequeñas.

En el caso particular de un biodigestor de mezcla completa que utiliza estiércol animal, una medida para considerar su costo en granjas pequeñas corresponde a la cantidad de animales que dispone esta granja. Así, de acuerdo con William F. Lazarus de la Universidad de Minnesota, la instalación de un biodigestor de este tipo tendrá un costo que varía entre US\$1.000 y US\$2.000 por cada vaca que posea el productor (Lazarus, 2015).

URRA, 2009. Ver [enlace](#).

University of Wyoming, 2018. <http://www.e3a4u.info/energy-technologies/anaerobic-digesters/economics/>
Lazarus, 2015. Ver [enlace](#).

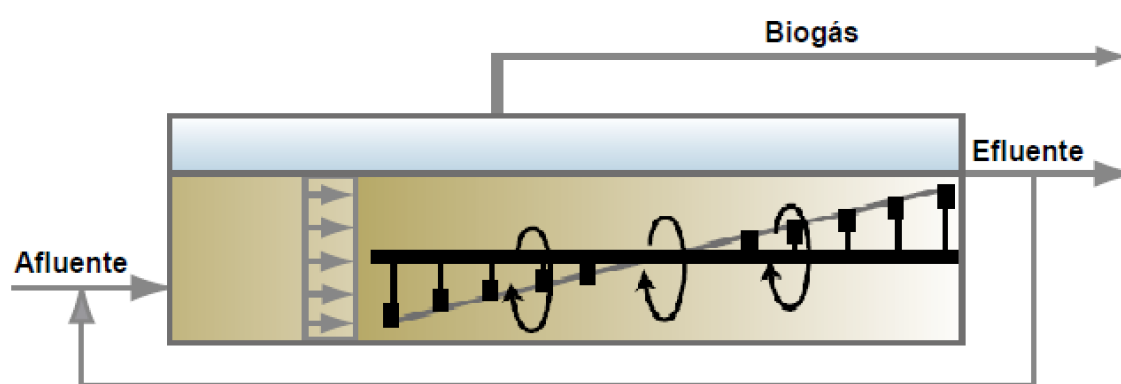
2.5.8.2 Reactor de flujo pistón o continuo (Plug Flow Reactor PFR)

Descripción General: Esta clase de biodigestores es de flujo longitudinal aprovechando el empuje producido por el flujo de sustrato entrante al reactor. Cuenta con mezcladores especiales que permiten un grado de mezcla perpendicular a la dirección del flujo. Son muy apropiados para sustratos con alto contenido de sólidos y el proceso de digestión va desarrollándose a lo largo que el material avanza. El flujo debe ser regular de forma que se cumpla que el tiempo de residencia sea exactamente igual para todos los elementos que ingresan.



Fuente: www.edbiogas.se

Funcionamiento



Digestor de flujo pistón

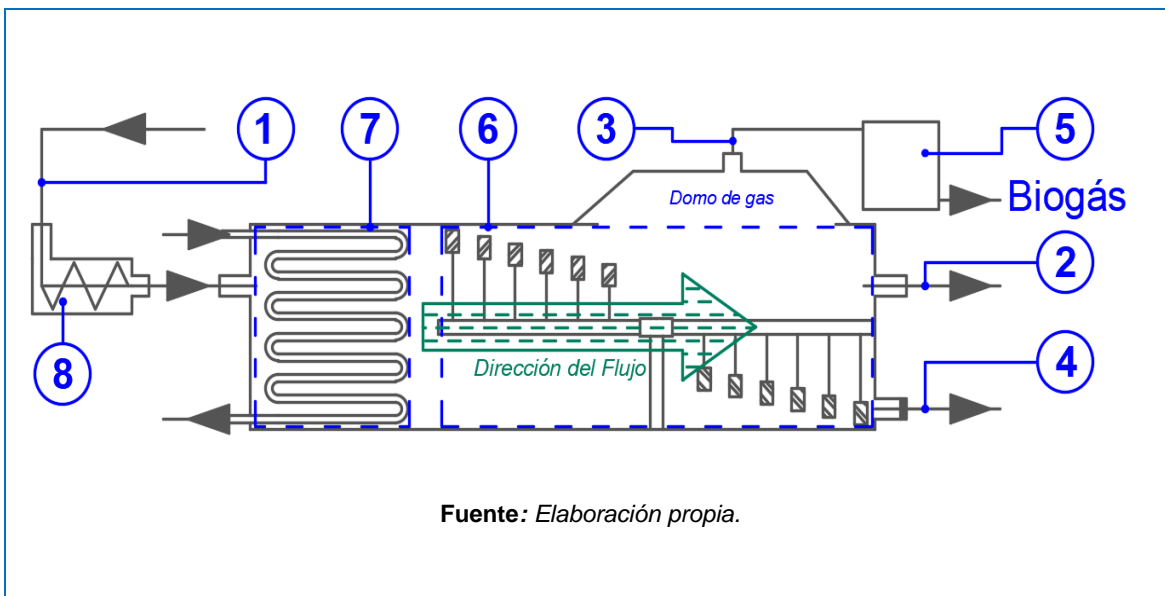
Fuente: Adaptado de MINENERGÍA / GIZ, (2012), *Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile, Chile* [2].

Descripción general del funcionamiento: Son apropiados para procesos continuos, pero también pueden ser utilizados de forma semicontinua. Tal como se mencionó, el biodigestor realiza la digestión a medida que los sustratos avanzan longitudinalmente. Es muy útil para un alto contenido de sólidos (sobre 12%), pero se puede utilizar para un gran rango de concentración, por lo cual el tiempo de retención hidráulico varía según el tipo de componente (entre 12 a 80 días), pero típicamente operan con TRH alrededor de 20 días. Se debe controlar la temperatura mediante un intercambiador de calor evitando fluctuaciones mayores a 1 °C/día, habitualmente operan en el rango entre 35 a 40 °C, aunque se puede encontrar algunos que operan entre 55 a 60 °C. Dependiendo de la concentración de sólidos puede requerir de una bomba de sustratos, variando el tipo de esta según la concentración de sólidos.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Generalmente son tubos horizontales cilíndricos o cuadrados.
- Construcción en acero u hormigón armado.
- Pueden estar enterrados y contar con techo rígido, flotante o flexible.
- Volúmenes máximos entre 800 a 1.000 [m³].
- Velocidad de carga superiores a 5 [kgsv/m³día].



Componentes Requeridos

1. Tubería Afluente.
 2. Tubería Efluente.
 3. Tubería Biogás.
 4. Tubería Desobstrucción.
 5. Tanque de Almacenamiento de Biogás.
 6. Sistema de Agitación Transversal.
 7. Sistema Intercambiador de Calor.
 8. Tornillo Sin Fin (Alimentación para alto contenido de sólidos, para sustratos con mayor contenido de agua se puede optar por bombas). [Opcional]
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

Elementos de Seguridad	Anotaciones
1. Válvulas de alivio vacío.	Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	El ácido sulfhídrico (H ₂ S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"
5. Válvulas antirretornos de gas.	
6. Llama piloto permanente de quemado.	Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	

Mantenimiento

La temperatura del digestor debe verificarse diariamente y se requiere inspeccionar el estado del sistema del intercambiador de calor, su bomba se debe lubricar y mantener según recomendaciones del fabricante. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.

La salida de efluente y la descarga del biogás deben verificarse periódicamente para asegurarse de que funcionan correctamente y no se produzca ninguna clase de retención que pueda elevar la presión del sistema.

La bomba de sustratos debe mantenerse según recomendaciones del fabricante.

La acumulación de lodo puede requerir la eliminación de lodo cada 8 a 10 años, a menos que se deba mantener o reparar algún equipo interno, lo que implicara el vaciado completo del reactor.

Exigencias de Instalación

- Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”
- Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular.
- Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros.
- Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno.
- El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte.
- Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos.
- La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.
- Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás.
- Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás.
- Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales.
- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.
- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.

- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.
- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 - El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 - Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 - Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 - Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 - En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 - Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 - Se debe considerar un arresta llamas antes de cualquier artefacto a biogás.
 - Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.
 - Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos,

producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.

- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
- El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
- El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
- Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 "Gas Transmission and Distribution Piping System"** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S "Managing System Integrity of Pipelines"**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **"NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales"**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU "Equipos para atmósferas potencialmente explosivas"**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

Aspectos Económicos

A partir de información recopilada sobre instalaciones de biogás que han sido implementadas en la última década, se estima que la construcción de un biodigestor de mezcla completa tiene un costo en el rango de US\$60 y US\$4.800 por cada m³/día de biogás producido. La amplia diferencia que existe en el rango de costo descrito se asocia principalmente al tamaño de la instalación. Así, a medida que la capacidad de generación aumenta, el costo por cada m³/día de biogás producido disminuye. También influye el tipo de tecnología empleada y el tipo de material utilizado para su construcción.

Los costos de inversión que se deben considerar para la instalación de un biodigestor tipo Flujo Pistón (Plug-Flow) son los siguientes:

- Costo del biodigestor
- Preparación del sitio
- Transporte
- Sistema de calefacción
- Equipos eléctricos
- Otros (bombas, tuberías, etc.)

Considerando una explotación de 100 vacas, el costo del equipo biodigestor puede alcanzar el 30% del costo total de la instalación. Mientras que los costos de preparación del sitio, transporte (del estiércol) y sistemas de calefacción pueden alcanzar el 50% del costo total de la instalación (Klavon, 2011).

De acuerdo con Lazarus (2015), el costo de instalación de un biodigestor tipo Plug-Flow para una granja lechera alcanza en promedio unos US\$617 por cada vaca, siendo una alternativa más económica en relación a los sistemas de mezcla completa, especialmente para operaciones agropecuarias pequeñas.

Klavon, 2011.

https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/12376/Klavon_umd_0117N_12835.pdf?sequence=1

Lazarus, 2015. <http://articles.extension.org/pages/19461/economics-of-anaerobic-digesters-for-processing-animal-manure>

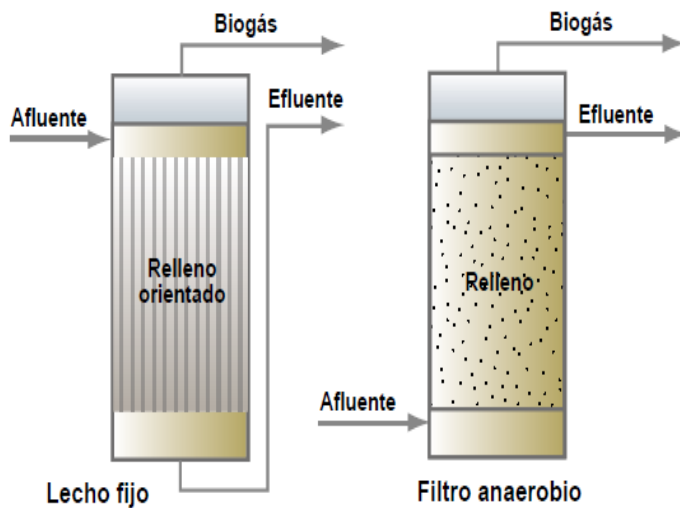
2.5.8.3 Reactor anaeróbico con lecho fijo RALF (Fixed Bed Reactor)

Descripción General: El reactor con lecho fijo (empacado) o filtro anaeróbico en términos más generales, se caracteriza por el paso del agua residual a través de un lecho de material inerte (plástico, piedras, etc.) sobre el cual se desarrollan los microorganismos que participan en la digestión de los sustratos. La elevada concentración de microorganismos permite que los TRH sean bajos, alrededor de 3 a 6 horas, por lo cual se obtienen elevadas eficiencias. Cabe destacar que un filtro anaeróbico el relleno esta de forma irregular y en un reactor de lecho fijo, este se encuentra orientado.

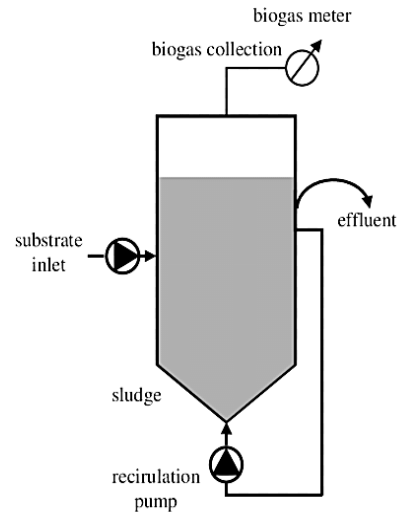


Fuente: www.uab.cat

Funcionamiento



Fuente: MINENERGÍA / GIZ, (2012), *Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile*,



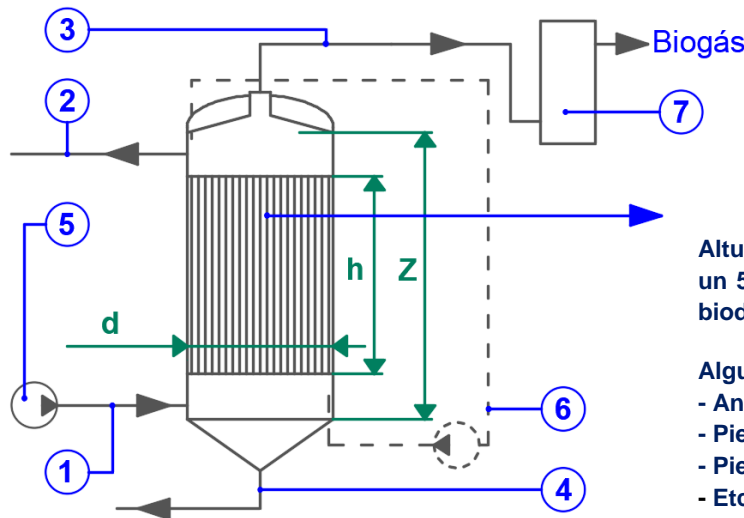
Fuente: www.researchgate.net

Descripción general del funcionamiento: Cuando un reactor RALF opera sin recirculación el equipo presenta un patrón de flujo del tipo pistón (PFR), en cambio cuando opera con recirculación el patrón es similar al de uno completamente mezclado (CSTR). El arreglo al azar garantiza mayor eficiencia, pero también mayor acumulación de sólidos lo que puede producir atascamiento. En cambio, un lecho orientado facilita el drenaje existiendo menor acumulación de sólidos. Requiere un control permanente de la temperatura (La retención de sólidos provoca que el control de temperatura sea complejo), pudiendo operar en cualquier rango de temperatura según requieran los microorganismos, pero su operación habitual es alrededor de 35 a 55 °C.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Pueden ser de flujo ascendente, descendente u horizontal.
- Eficientes para cargas orgánicas elevadas.
- Velocidad de carga orgánica de hasta 20 [kg_{COD}/m³dia].
- Presentan poco mezclado (No utilizan mezcladores).
- Aceptan cambios bruscos de la velocidad de carga.
- Pueden operar con recirculación (Mejora el mezclado).
- No se recomiendan velocidad de circulación del líquido por sobre los 4,8 [m/s].
- Relación diámetro / profundidad es bastante importante, se recomienda d/Z entre 0,5 y 0,2.



Lecho Fijo (Relleno orientado).

Altura h del relleno puede estar entre un 50 a 100 % de la profundidad Z del biodigestor.

Algunos principales tipos de relleno:

- Anillos y esferas de cerámica.
- Piezas plásticas especiales.
- Piedras comunes.
- Etc.

Fuente: *Elaboración propia.*

Componentes Requeridos

1. Tubería Afluente.
 2. Tubería Efluente.
 3. Tubería Biogás.
 4. Tubería Purga (Diámetro mínimo 50 mm).
 5. Bomba sustratos.
 6. Sistema del Intercambiador de calor.
 7. Tanque de almacenamiento de gas.
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

1. Válvulas de alivio vacío.	Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	El ácido sulfhídrico (H_2S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"

5. Válvulas antirretornos de gas.	
6. Llama piloto permanente de quemado.	<i>Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).</i>
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	

Mantenimiento

Requiere mantenimiento normal para la bomba según las recomendaciones del fabricante. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.

Debe contar con inspecciones periódicas del buen estado y funcionamiento del sistema de calentamiento debido a la sensibilidad de su operación en el proceso.

Debido a la retención de sólidos es requerido realizar una purga de estos periódicamente para que el reactor no pierda volumen útil. Adicionalmente se puede evidenciar la falta de esta operación cuando aumenta considerablemente el porcentaje de sólidos en el efluente, y también cuando se observa que la cama de lodos comienza a entrar en contacto con el relleno.

Exigencias de Instalación

- Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU "Equipos para atmósferas potencialmente explosivas"
- Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular.
- La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.
- Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros.
- Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno.
- El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte.
- Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos.
- Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás.
- Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás.
- Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales.
- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.

- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio se debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.
- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 1. El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 2. Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 3. Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 4. Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 5. En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 6. Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 7. Se debe considerar un arrestallamas antes de cualquier artefacto a biogás.

8. Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.

9. Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.

- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
 1. El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
 2. El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
 3. Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity of Pipelines”**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

2.5.8.4 Reactor de lecho fluidizado/expandido RALEF (Fluidized and expanded bed reactor AFB)

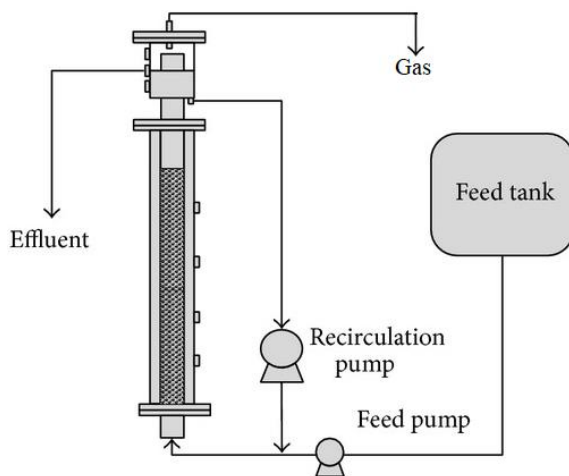
Descripción General:

Consiste en una estructura cilíndrica de fondo cónico y hace uso del concepto del reactor RALF de retener biomasa mediante un lecho, pero a diferencia de este, el reactor RALEF utiliza como medio inerte pequeñas partículas que permiten incrementar significativamente el área de contacto disponible para la materia orgánica a degradar y los microorganismos. Los medios de soporte deben tener pesos específicos elevados, por ejemplo, arena. Principalmente existen dos variantes: Lecho fluidizado anaeróbico (LFA) y Lecho expandido anaeróbico (LEA).

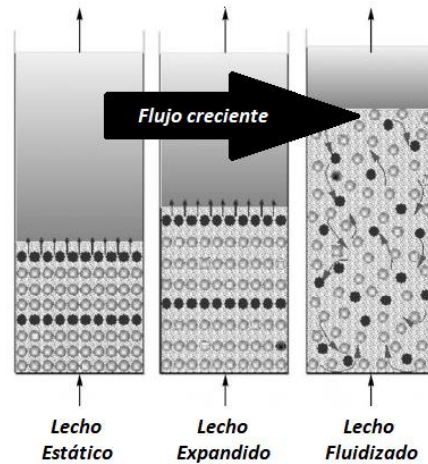


Fuente: www.wateronline.com

Funcionamiento



Fuente: Adaptado de www.researchgate.net
<http://journal.hep.com.cn>



Fuente: Adaptado de

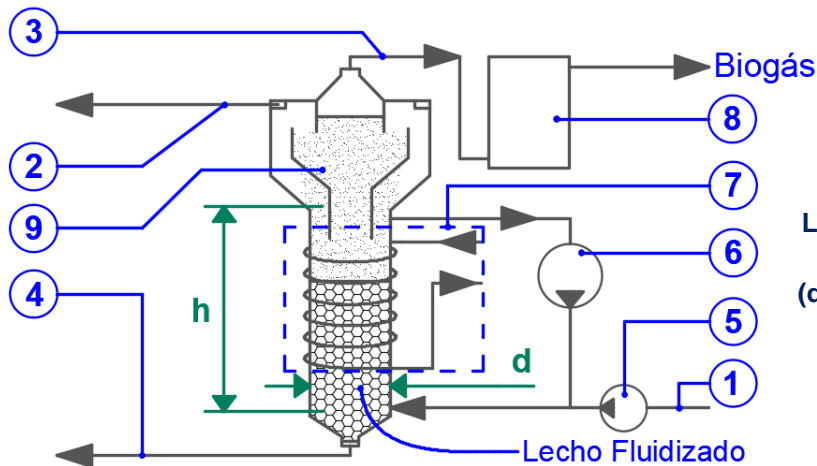
Descripción general del funcionamiento: La operación del reactor LFA requiere una alta recirculación y una elevada velocidad de carga orgánica. La cantidad de medio soporte es de hasta 40% del volumen del reactor y éste al expandirse en operación puede llegar a ocupar un 70% de aquel volumen. Normalmente la velocidad del flujo ascendente es de 15 a 35 m/h. Las concentraciones de biomasa dentro del reactor se mantienen altas (alrededor de los 30 g/L), esto sumado a la alta recirculación y velocidades permite operar con un TRH bajísimo y con un TRS bastante elevado. De hecho, el TRH es tan rápido (20 min a 6 horas) que no se alcanza a separar correctamente el gas del efluente y por lo cual se requiere adicionar un separador gas-liquido. También ocurre que algunas partículas del medio soporte salen con el efluente, por lo que deben añadir partículas nuevas sistemáticamente.

Por otro lado, los reactores LEA cuentan con un área superficial masiva mediante el uso de partículas diminutas y ligeras, por lo tanto, el nivel de recirculación es bajísimo y la velocidad de flujo ascendente varía entre 10 a 20 mm/h. Como las partículas son tan finas, se requiere de un filtro de partículas finas sólidas en suspensión para no perderlas constantemente.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- La operación de ambos requiere un elevado control de la velocidad, recirculación, temperatura, tiempos de retención, etc.
- Velocidad de carga orgánica hasta 50 [kg_{COD}/m³dia] con posibilidades de aumentar.
- Los reactores LFA utilizan partículas de diámetro entre 0,1 a 0,5 mm.
- Los reactores LEA utilizan partículas de diámetro entre 20 a 30 μm.
- Dependiendo de la partícula soporte se debe identificar velocidades mínima y máxima de operación (Principalmente la densidad de la partícula es el factor determinante).
- Consigue altísimas eficiencias entre un 85 a 95% de remoción del material orgánico oxidable en el sustrato.
- La bomba de recirculación de los reactores LFA implica un costo y consumo eléctrico considerable.
- Difícil diseño, operación, mantenimiento y existe poca experiencia a nivel industrial.



La relación diámetro altura (d/h) está en el rango de:

$$\frac{d}{h} \approx \frac{1}{10} \text{ a } \frac{1}{5}$$

Componentes Requeridos

1. Tubería de sustratos.
 2. Tubería de efluente.
 3. Tubería de biogás.
 4. Tubería de purga.
 5. Bomba de alimentación.
 6. Bomba de recirculación.
 7. Intercambiador de calor.
 8. Tanque de almacenamiento de gas.
 9. Separador sólido/gas (integrado).
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**
 - **Adicionalmente el reactor tipo LEA requiere un filtro de partículas finas sólidas en suspensión.**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

1. Válvulas de alivio vacío.	<i>Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.</i>
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	<i>El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"</i>
5. Válvulas antirretornos de gas.	

6. Llama piloto permanente de quemado.	<i>Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).</i>
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	

Mantenimiento

Dada la complejidad y sensibilidad en la operación del reactor, se requiere inspección periódica del sistema de recirculación, intercambiador de calor y accesorios en general. Realizar mantención recomendada por el fabricante a las bombas. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.

Exigencias de Instalación

- Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”
- Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular.
- La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.
- Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros.
- Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno.
- El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte.
- Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos.
- Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás.
- Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás.
- Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales.
- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.
- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.

- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 - El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 - Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 - Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 - Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 - En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 - Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 - Se debe considerar un arrestallamas antes de cualquier artefacto a biogás.
 - Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.
 - Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.

- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
 - El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
 - El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
- Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity of Pipelines”**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

2.5.8.5 Reactor o Proceso Anaeróbico Secuencial PAS (Anaerobic Sequencing Batch Reactors)

Descripción General: Este tipo de reactor o más bien proceso secuencial consiste en llevar a cabo una operación discontinua o cíclica que generalmente se lleva a cabo en cuatro pasos o etapas.

Este proceso logra obtener altas concentraciones sustrato/biomasa lo que permite una alta biodegradación.

Es muy simple de llevar a cabo la operación y el control del proceso.

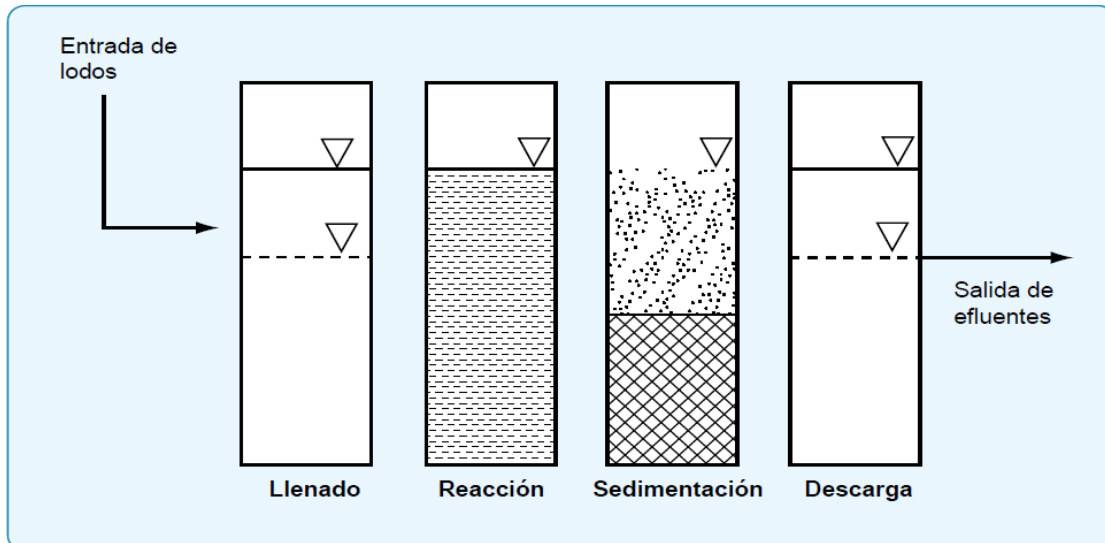
En algunos casos comunes la utilización de un medio de soporte dentro del reactor, lo cual permite eliminar la etapa de sedimentación.



Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR) Digester
Located on the Oklahoma State University

Fuente: www.articles.extension.org

Funcionamiento



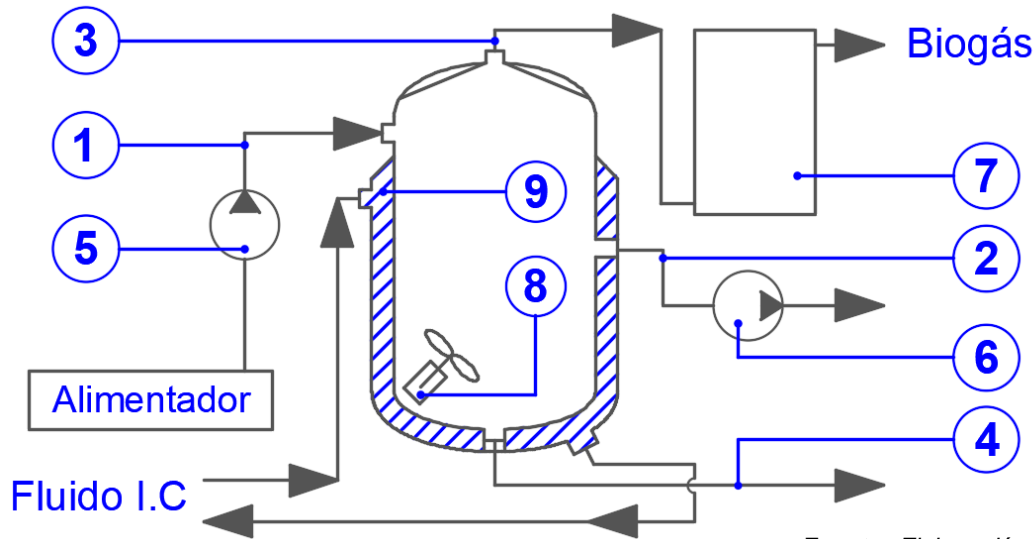
Fuente: MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF, (2011), *Manual de Biogás*, Chile [26].

Descripción general del funcionamiento: El proceso se divide en cuatro etapas: *Alimentación*, *Reacción*, *Sedimentación o Separación* y *Extracción del Efluente*. En primer lugar, se realiza el llenado del reactor al incorporar el afluente. Luego ocurre la etapa de reacción en la cual se utiliza con frecuencia un mezclador ligero e intermitente, y donde el tiempo de reacción es variable obteniendo la mayor parte de la biodegradación. Posteriormente ocurre la sedimentación (se detiene el mezclador) en mismo reactor logrando así, una alta retención de biomasa en el fondo separándose del efluente. Finalmente, el efluente es retirado del reactor y representa un volumen entre 50 a 85% del volumen del reactor.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Gran flexibilidad de operación se puede adaptar según origen del sustrato.
- Control sencillo del proceso.
- Habitualmente la temperatura de operación es alrededor de 30°C.
- Entrega un efluente bastante limpio libre de sólidos.
- Generalmente se hace uso de un reactor enchaquetado.



Fuente: Elaboración propia.

Componentes Requeridos

1. Tubería de afluente.
 2. Tubería de efluente.
 3. Tubería de Biogás.
 4. Tubería de descarga de sólidos.
 5. Bomba afluente.
 6. Bomba efluente.
 7. Tanque de almacenamiento Biogás.
 8. Sistema de agitación.
 9. Intercambiador de calor (Tipo chaqueta u otro sistema).
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

1. Válvulas de alivio vacío.	Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	El ácido sulfhídrico (H_2S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"
5. Válvulas antirretornos de gas.	
6. Llama piloto permanente de quemado.	Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).

7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	
Mantenimiento	
<p>Debido al comportamiento cíclico del proceso se debe proceder a limpiar las tuberías periódicamente (Establecer un programa de limpieza frecuente en base a la cantidad de ciclos de operación de biodigestor en un tiempo determinado), principalmente las tuberías de afluente y efluente. Inclusive se podría recurrir a cambiar las tuberías casa cierto tiempo, especialmente las tuberías cercanas a la bomba.</p> <p>Para las bombas basta seguir las recomendaciones del fabricante. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.</p>	
Exigencias de Instalación	
<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas” • Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular. • La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006. • Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros. • Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno. • El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte. • Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos. • Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás. • Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás. • Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales. • La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente. • Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías. • Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia. • Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas. • Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas. • Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión. • Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros. • Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco. 	

- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 - El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 - Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 - Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 - Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 - En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 - Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 - Se debe considerar un arrestallamas antes de cualquier artefacto a biogás.
- Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.
- Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena "NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales".
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.
- Para instalaciones grandes además se debe considerar:

- El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
- El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
- Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity of Pipelines”**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

Aspectos económicos

A partir de información recopilada sobre instalaciones de biogás que han sido implementadas en la última década, se estima que la construcción de un biodigestor de tipo Reactor Anaeróbico Secuencial puede alcanzar los US\$2.900 por cada vaca que posee la granja (considerando una explotación de 750 vacas lecheras)

Fuente: Programa AgStar.

AgStar, 2018. <https://www.epa.gov/agstar/livestock-anaerobic-digester-database>
<https://www.biocycle.net/2012/03/14/anaerobic-digestion-in-the-northwest/>

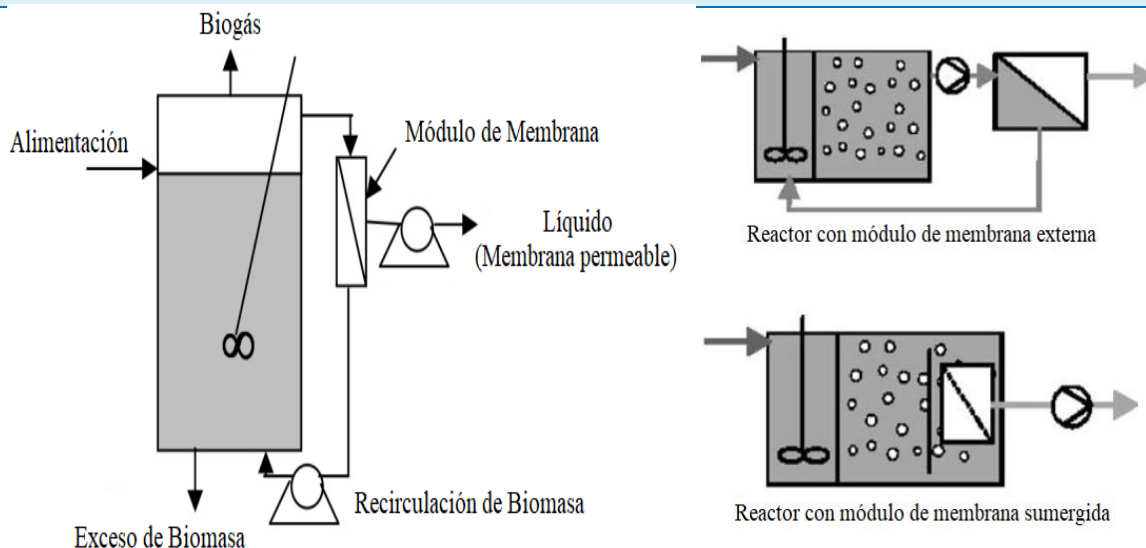
2.5.8.6 Reactor anaeróbico de membrana (Membrane Bioreactor MBR)

Descripción General: El biorreactor de membrana básicamente corresponde a un reactor simple al que se le incorpora una unidad de membrana, la cual puede estar ubicada como un módulo externo o sumergido de manera interna en el reactor. La membrana cumple la función de maximizar la separación sólido-líquido, de forma que se consiguen tiempos de retención de sólidos muy extensos independientes del TRH. Así se consigue un proceso altamente eficiente.



Fuente: en.njrit.com

Funcionamiento



Fuente: Adaptado de www.intechopen.com

Fuente: Adaptado de Maloney J., (2008), *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8^o Edition*, McGraw-Hill, United States.

Descripción general del funcionamiento: EL biorreactor de membrana funciona mediante la combinación de la degradación biológica (Biodigestor) más la operación de una filtración por membrana porosa. Comúnmente operan en un rango de temperatura entre 35 a 37 °C con tiempos de retención hidráulicos entre 1 a 2 días.

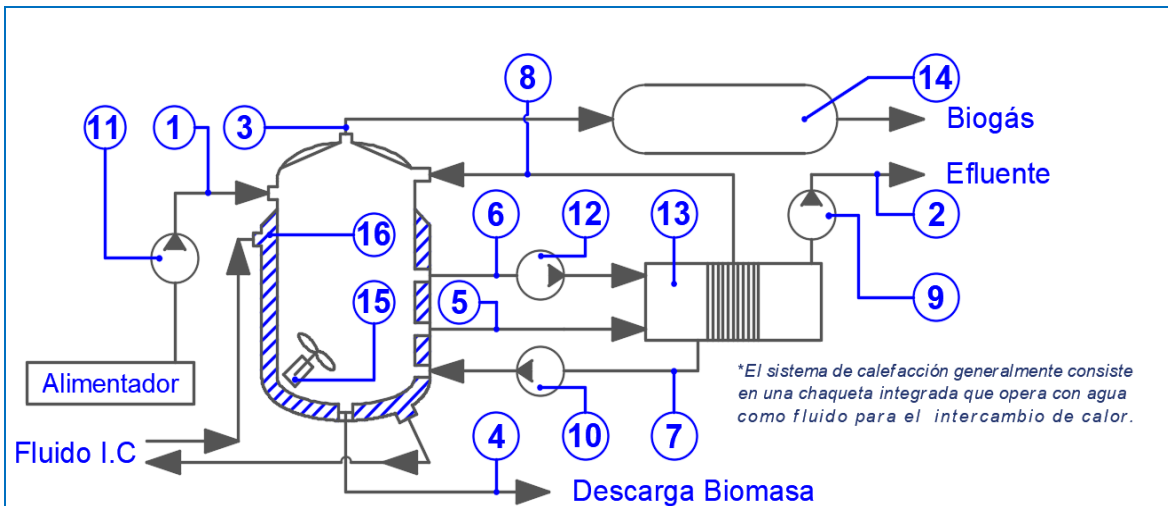
El uso de la membrana permite obtener efluentes sumamente limpios, prácticamente ningún sólido en suspensión se transfiere al efluente.

Debido al uso de la membrana el reactor requiere operar con altas velocidades y altas presiones cercanas a los 5 bar (En caso de usar membrana sumergida estos valores se reducen).

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Retención extremadamente alta de biomasa gracias a membrana porosa.
- Digestión cercana al 98% de la masa orgánica oxidable disponible.
- Velocidad de carga orgánica de hasta 50 [kg_{COD}/m³·día].
- Desarrollo relativamente reciente. (El alto costo de las membranas hacia su desarrollo inviable, pero este escenario ha ido mejorando durante los últimos años)
- Costos de inversión y operación elevados.



Fuente: Elaboración propia.

Componentes Requeridos

1. Tubería de alimentación.
 2. Tubería efluente.
 3. Tubería biogás.
 4. Tubería descarga de biomasa.
 5. Tubería de entrada a membrana (biomasa)
 6. Tubería de entrada a membrana (biogás)
 7. Tubería recirculación biomasa.
 8. Tubería recirculación biogás.
 9. Bomba de efluentes.
 10. Bomba de recirculación biomasa.
 11. Bomba de alimentación.
 12. Soplador biogás.
 13. Módulo externo de membrana.
 14. Tanque de almacenamiento de biogás.
 15. Agitador de mezclado.
 16. Intercambiador de calor (IC).
- Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos

Elementos de Seguridad

Anotaciones

Elementos de Seguridad	Anotaciones
1. Válvulas de alivio vacío.	Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	El ácido sulfhídrico (H_2S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"
5. Válvulas antirretornos de gas.	
6. Llama piloto permanente de quemado.	Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	

Mantenimiento

Tanto la operación como el mantenimiento se deben llevar a cabo por personal calificado y capacitado con cualquier riesgo que pueda producir la operación del reactor.

Habitualmente los reactores MBR requieren de una limpieza química semanal durante 30 a 60 minutos, y adicionalmente se debe realizar una limpieza de recuperación de la membrana una o dos veces al año. La necesidad de esta última limpieza se puede evidenciar cuando la filtración la biomasa no es adecuada, pudiendo incluso elevarse la presión del sistema. Cabe destacar que cierta parte de la materia que se aloja en la membrana no se puede limpiar produciendo incrustaciones irrecuperables que con el tiempo determinarían la vida útil de la membrana.

Las bombas y equipos de servicio requieren mantención recomendada por el fabricante. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.

Exigencias de Instalación

- Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU "Equipos para atmósferas potencialmente explosivas"
- Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular.
- La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.
- Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros.
- Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno.
- El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte.
- Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos.
- Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás.
- Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás.
- Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales.
- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.
- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.

- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 - El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 - Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 - Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 - Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 - En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 - Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 - Se debe considerar un arrestallamas antes de cualquier artefacto a biogás.
- Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.
- Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.

- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
 - El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
 - El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
 - Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity Of Pipelines”**
(Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

Aspectos Económicos

Los costos de inversión para la instalación de un Reactor de Membrana históricamente han tendido a ser más altos que los de los sistemas convencionales con un rendimiento comparable, debido a los costos iniciales de las membranas. El costo de estas alcanza en promedio unos US\$60 por cada m² (Zaerpour, 2014). Los altos costos operativos y de capital, así como el conocimiento inadecuado de la aplicación de membranas en el tratamiento de desechos, han sido factores predominantes para limitar la implementación de este tipo de tecnología (Cicek, 2003).
Zaerpour, 2014. Ver [enlace](#).
Cicek, 2003. Ver [enlace](#).

2.5.8.7 Anaerobic Baffled Reactor ABR

Descripción General: Este tipo de reactor básicamente consiste en un estanque rectangular que integra una serie de cámaras consecutivas separadas una de la otra mediante deflectores verticales. Se puede considerar como un tanque séptico mejorado.

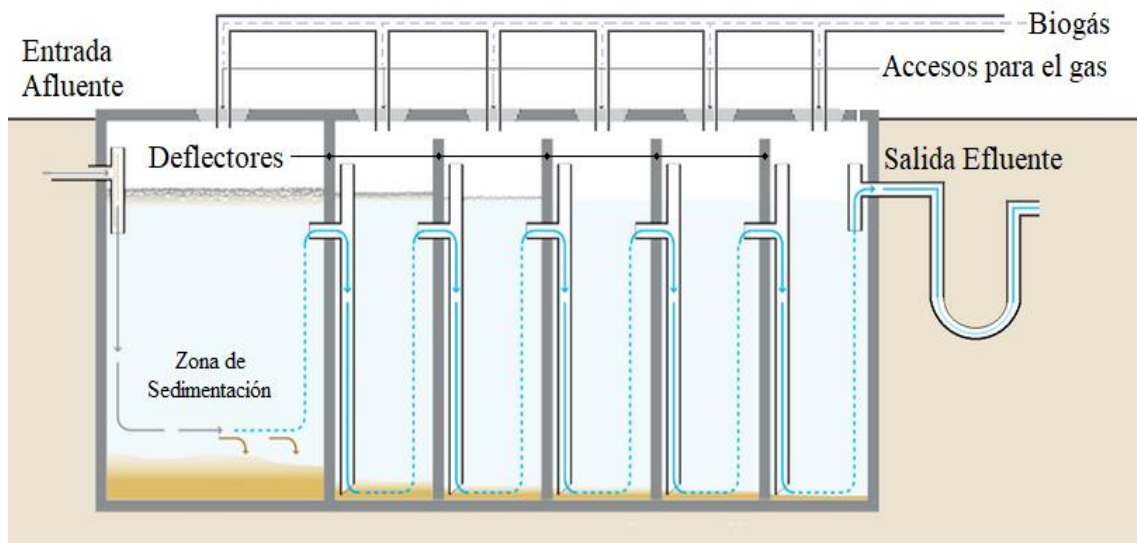
El flujo puede pasar ante los deflectores por pasajes superiores e inferiores provistos en estos.

Se caracteriza por ser altamente eficiente para afluentes con alto contenido de sólidos.



Fuente: Adaptado de www.researchgate.net

Funcionamiento



Fuente: Adaptado de www.absunpalayesh.com

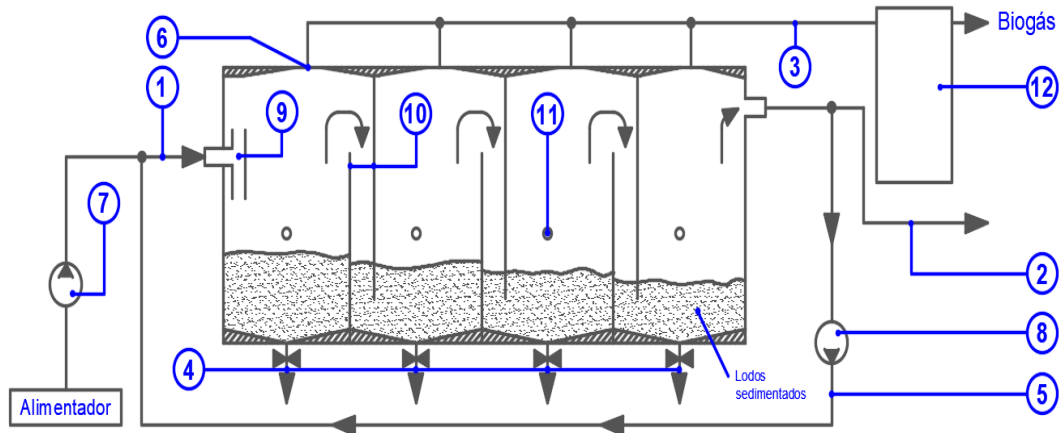
Descripción general del funcionamiento: El flujo de biomasa ingresa por un extremo y sale por otro, pero internamente el líquido fluye alternativamente hacia arriba y hacia abajo entre las particiones separadas por los deflectores. Esto permite un contacto adecuado entre la biomasa y los microorganismos de la digestión. La descomposición se realiza a lo largo de cámara en cámara, por lo cual se debe ir recuperando el biogás en cada una de estas.

El tiempo de retención hidráulico se caracteriza por ser de 1 a 3 días y es muy importante que la velocidad de flujo ascendente no supere los 2 m/h. Por lo general se opera para que esta velocidad sea cercana a 0,6 m/h.

Especificaciones Técnicas

Principales Características:

- Velocidades de carga orgánica debe ser inferior a 3 [kgCOD/m³dia].
- Temperaturas típicas entre 25 a 35 °C.
- Altamente estable.
- Fácil de construir y operar.
- No existe mucho desarrollo a gran escala.



Fuente: Elaboración propia.

Observación: No se incluye diagrama del intercambiador para facilitar la comprensión de los demás componentes.

Componentes Requeridos

1. Tubería afluente.
 2. Tubería efluente.
 3. Tubería biogás.
 4. Extracción de lodos.
 5. Tubería de recirculación (Opcional).
 6. Cubiertas de extracción de gas.
 7. Bomba de alimentación (Opcional, el sistema puede operar por gravedad).
 8. Bomba de recirculación (Opcional).
 9. Ingreso en T.
 10. Deflectores.
 11. Puntos de toma de muestras.
 12. Tanque de almacenamiento de gas.
- **Se debe considerar además, la instalación de un filtro biogás para la eliminación de gases sulfhídricos**
 - **Adicionalmente debe incorporar un sistema de calentamiento, por lo general un intercambiador de calor de tubos internos (Serpentín).**

Elementos de Seguridad

Anotaciones

1. Válvulas de alivio vacío.	Los elementos de seguridad indicados se refieren al manejo del biogás.
2. Válvulas de sobrepresión.	
3. Arrestallamas.	
4. Filtro biogás. (Para eliminación de gases sulfhídricos)	El ácido sulfhídrico (H ₂ S) es un gas incoloro inflamable y corrosivo, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos; en altas concentraciones puede ser venenoso. Referencia, "Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades"
5. Válvulas antirretornos de gas.	

6. Llama piloto permanente de quemado.	<i>Debe funcionar de forma continua y debe estar permanentemente encendida (ya sea por una eventual falla o exceso de producción).</i>
7. Sensores de fuga (biogás).	
8. Ventana de inspección.	

Mantenimiento

Se debe monitorear periódicamente la cantidad de escoria y lodos acumulados en el reactor para que estos no lleguen a un nivel que disminuya la eficiencia y el volumen útil. La eliminación de estos lodos y residuos acumulados habitualmente se realiza cada 1 a 3 años, pero siempre se debe mantener una cierta cantidad de lodo activo en cada uno de los compartimientos de forma de mantener el proceso biológico de forma activa. Se debe inspeccionar con regularidad posibles fugas, grietas y desgaste. Para bombas considerar mantenimiento recomendado por el fabricante. En general consiste a procesos de limpieza en bombas y elementos de rodadura en motores eléctricos (El mantenimiento particular depende de cada proveedor). En caso de mantención de bombas y motores se pueden establecer cambios y reposición de accesorios y piezas pequeñas, en caso contrario se justifica el reemplazo del equipo. En términos de costos dependerá del proveedor de los equipos, no se puede determinar de forma general un costo asociado a estos equipos.

Exigencias de Instalación

- Cualquier motor eléctrico que se deba utilizar en la instalación, como para accionar una bomba, un agitador y/o un sistema de mezclado, etc., deberá cumplir con la Normativa Europea para Equipos a Prueba de Explosiones, Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”
- Los materiales, elementos, accesorios, revestimientos, construcciones o estructuras deben contar con propiedades químicas y físicas que permitan el contacto directo con biogás, sustratos orgánicos, lodos, líquidos y otros, según lo requiera algún elemento en particular.
- La tubería de plástico para transporte de biogás deberá cumplir con las normas ISO 17484-2:2009 e ISO 17484-1:2006.
- Se deben considerar elementos de protección de los diversos elementos ante daños mecánicos, térmicos, sísmicos e inundaciones, entre otros.
- Los elementos del sistema deben ser capaces de soportar las presiones de operación y ser resistentes ante las condiciones del entorno.
- El biodigestor debe permitir su propio soporte y ser completamente hermético permitiendo mantener la presión interna dentro de los parámetros de diseño, contando además de todos los dispositivos de seguridad requeridos. En caso de ser un equipo flexible, este debe contar con una estructura que lo contenga y permita su soporte.
- Los materiales para aislación térmica de los biodigestores o tuberías deben contar con protección contra daños externos.
- Las plantas de biogás deben contar con un sistema que permita la extracción de agua desde el biogás.
- Las tuberías de transferencia y suministro del biogás deberán mantener una pendiente mínima de un 1% hacia los puntos de purga de condensado. Además, aquellas tuberías tanto estén a la vista o enterradas deberán ser de color amarillo o estar identificadas mediante marcadores indelebles de color amarillo con la palabra BIOGÁS. Además, debe quedar claro la dirección del flujo de biogás.
- Las tuberías subterráneas que no cuenten con cámaras de registro deberán estar identificadas mediante una cinta plástica o similar para advertir su presencia. Esta debe ir entre la superficie y las tuberías de biogás respetando al menos 25 centímetros de distancia sobre el borde superior de esta última. Además, deben ser identificadas desde el nivel de la superficie con señales indicando su dirección a lo largo de todo su recorrido, no debiendo superar 100 metros de distancia entre señales.
- La profundidad mínima entre la superficie y la parte más alta de la tubería deberá ser de 30 centímetros y donde esto sea imposible de cumplir se deberá contar con protecciones especiales y justificarse técnicamente.
- Considerar soportes y protecciones que permitan una fijación estable de las tuberías.
- Las tuberías deben estar protegidas ante el congelamiento debido a condiciones ambientales si es que existe la posibilidad de ocurrencia.
- Todas las conexiones de tuberías de biogás deben ser impermeabilizadas, y selladas.
- Las tuberías deben ubicarse dejando un espacio libre respecto a cualquier otra estructura subterránea para permitir el mantenimiento y protegerlas.
- Ante la presencia de canalizaciones eléctricas se debe respetar la normativa vigente en instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Para cruces y paralelismo con otras tuberías de servicio de debe respetar una distancia mínima de 30 centímetros.

- Se debe instalar señaléticas ubicadas de manera visible que deben indicar en sus leyendas: “PELIGRO: GAS INFLAMABLE Y TÓXICO”, “SE PROHIBE FUMAR” en letras negras con fondo amarillo o blanco.
- Respetar las distancias mínimas de seguridad entre almacenamiento de biogás y estructuras adyacentes establecidas en el Decreto N°119 2006 tabla 1.
- Se deben identificar y representar sobre un plano las zonas de riesgo de explosión basado en alguna norma reconocida internacionalmente, cumpliendo sin perjuicio de la norma las siguientes condiciones:
 - Las instalaciones y productos eléctricos deben ser diseñados para operar en zona de riesgo de explosión.
 - Respetar una distancia mínima de 6 metros entre el punto donde se podría producir una concentración explosiva de biogás y/o entre un almacenamiento del gas, y una fuente de ignición o calor. También debe respetarse para materiales y elementos altamente combustibles.
 - Para aquellas estructuras adyacentes que no se encuentre clasificada como zona de riesgo de explosión y cuya altura sea superior al almacenamiento de biogás se deberá considerar una distancia mínima de seguridad igual a 5 veces la altura de dicha estructura.
- Para instalaciones pequeñas se debe contar con extintores portátiles que cumplan los siguientes requisitos:
 - Ser de clases de inflamabilidad A, B y C.
 - Contar con certificaciones de fabricación y control de carga vigente.
 - Poseer un sello o precinto que compruebe que no han sido utilizados.
 - Capacidad de 10 kilogramos de polvo químico seco por cada 10 m³ y/o fracción de la capacidad de almacenamiento de biogás, con un tope de hasta 100 kg.
 - Posicionados con fácil acceso, clara identificación y protegidos del ambiente.
- Las instalaciones también deben contar con un sistema para la quema del biogás que no se consuma.
- Para instalaciones medianas además se debe considerar:
 - El diseño debe contemplar un análisis de riesgos considerando las principales amenazas y las medidas de prevención y o mitigación.
 - Se debe contar con una antorcha para quemar el exceso de biogás. Esta debe ubicarse de manera que sus aperturas se encuentren sobre el nivel del suelo y a una distancia de otros edificios que será definida en el análisis de riesgos. La antorcha debe tener un comportamiento estable y los quemadores serán dimensionados según el flujo de biogás excedente que se estime y deberán tener una capacidad igual a la producción máxima de biogás evaluada en el diseño. La antorcha además debe contar con un sistema de corte de suministro manual, sistema de corte de llama y de un encendido automático con control de presencia de llama.
 - Se debe contemplar un sistema de protección contra rayos y contra incendios.
 - Las tuberías de influentes enterradas o cubiertas deberán contar con un sistema de verificación de flujo. En caso de usar cámaras de registro están deben considerar ventilación que asegure el aire suficiente para el ingreso de personal.
 - En caso de existir decantación normal de sólidos se debe contemplar un sistema de extracción de lodos que no disminuya el volumen de operación del biodigestor y que no produzca obstrucciones por acumulamiento de sólidos.
 - Deben contar con un sistema de detección de gases para ácido sulfhídrico y metano en recintos de consumo de biogás y recintos de sopladores o compresores. Los detectores de metano deben posicionarse en la parte superior del recinto y el detector de ácido en la parte inferior.
 - Se debe considerar un arrestallamas antes de cualquier artefacto a biogás.
- Las instalaciones medianas deberán contar con un sistema de control de variables críticas como temperatura, presión, grado de agitación, entre otras.
- Se deberá contar con un cerco perimetral de al menos 2 metros de altura que abarque, en grupo o de forma individual las unidades de recepción y almacenamiento de sustratos, producción de biogás, tratamiento de biogás y almacenamiento de biogás. Considerar puertas de entrada y letreros de acceso restringido.
- Para la construcción de las fundaciones del biodigestor, como también la construcción de reactores verticales y digestores de hormigón se deberán aplicar en todo momento la Norma Sísmica Chilena “NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
- Se deberá contar con un sistema de evacuación de efluentes en caso de emergencias. Por ejemplo, mantención de un perímetro de seguridad y construcción de zanja para canalizar el efluente en caso de una emergencia que implique vaciar el biodigestor.
- Se deberá verificar el contenido de antibióticos en los sustratos. Si los sustratos contienen antibióticos (eliminados por los animales en los purines), estos producen un efecto perjudicial al interior del biodigestor ya que eliminan las bacterias que producen la digestión. Además, pueden producir efectos indeseados en el fertilizante que se obtiene del biodigestor.

- Para instalaciones grandes además se debe considerar:
 - El sensor de metano del sistema de detección de gases deberá contar con una aplicación de dos niveles de alarmas, uno al 20% del límite inferior de explosividad (LEL) a través de una alarma remota, y un segundo nivel al 40% del LEL, el cual debe ser capaz de accionar un corte automático de los artefactos a biogás, almacenamiento.
 - El diseño antisísmico debe ser validado por un profesional independiente que acredite una experiencia mínima de 5 años como revisor sísmico de estructura industriales.
 - Se deberá contar con una certificación de conformidad referente de las disposiciones y normas técnicas referidas para la etapa de diseño y construcción, efectuado por un organismo de certificación autorizado de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.

Normas Técnicas y Certificaciones de Calidad

1. Ver Decreto N°119 2006 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas. Disponible en el Diario Oficial de la República de Chile con código de verificación electrónico (CVE) 1176358.
2. **Código ANSI/ASME B31.8-2007 “Gas Transmission and Distribution Piping System”** (Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
Principales reseñas: Describe las bases, conocimientos y prácticas recomendadas referidas al diseño, selección de materiales, y componentes de tubería, fabricación, instalación, inspección, ensayos, operación y mantenimiento de los sistemas alcanzados.
3. **Código ANSI/SME B31.8S “Managing System Integrity Of Pipelines”** (Gestión de la integridad del sistema de los gasoductos).
Principales reseñas: Aplica a sistemas de tuberías construidas con materiales ferrosos que transportan gas. Contiene recomendaciones para desarrollar e implementar un sistema eficaz de gestión de integridad de los principales elementos y accesorios en un sistema de tuberías.
4. **“NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”**.
Esta norma tiene como primer objetivo evitar el colapso de estructuras, considerando incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, protección del medio ambiente y asegurar las vías de escape en caso de un evento sísmico.
5. **Directiva ATEX 2014/34/EU “Equipos para atmósferas potencialmente explosivas”**
Normativa de la Comunidad Europea sobre equipos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas. La Directiva define los requisitos esenciales de salud y seguridad y los procedimientos de evaluación de la conformidad, que deben aplicarse antes de que los productos se comercialicen en la UE. Está alineado con la nueva política del Marco Legislativo, y es aplicable desde el 20 de abril de 2016, reemplazando a la anterior Directiva 94/9 / CE.
6. **ISO 17484-2:2009 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations - Code of practice**
7. **ISO 17484-1:2006 Plastics piping systems - Multilayer pipe systems for indoor gas installations with a maximum operating pressure up to and including 5 bar (500 kPa) - Part 1: Specifications for systems**

Aspectos Económicos

Este tipo de instalación representa un costo relativo menor a otros tipos de biodigestores. Estos costos varían según la disponibilidad de materiales y la escala que posee la explotación agrícola. Su construcción y operación es relativamente sencilla, por lo que generalmente son más baratos que las opciones de tecnología más centralizada y mecánica. Los ABR se pueden construir con material disponible localmente. Sin embargo, se requiere un diseño experto (Fuente: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology).
Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. Ver [enlace](#).

CAPÍTULO 3:

EQUIPOS DE USO Y CONSUMO DE BIOGÁS

3. EQUIPOS DE USO Y CONSUMO DE BIOGÁS

Actualmente, el uso del biogás que se obtiene de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos, en particular para operaciones agrícolas pequeñas y/o medianas, se centra en la producción de energía eléctrica y la producción de calor o vapor. A partir de esto, las aplicaciones para el uso y/o consumo del biogás que serán el foco del presente estudio se resumen en [26]:

- Generación de electricidad: Corresponde a la utilización del biogás en equipos como motores de combustión interna y/o generadores, para la producción de electricidad que será utilizada en diversas aplicaciones dentro de la operación agrícola.
- Producción de calor o vapor: La generación de energía térmica corresponde al uso más sencillo que se le puede dar al biogás. La energía térmica puede ser utilizada para cocinas, lámparas, sistemas de calefacción, etc., y tienen aplicación tanto para la operación agrícola como para su utilización a nivel domiciliario.
- Sistemas combinados de calor y electricidad: Proceso denominado cogeneración, donde se utiliza la electricidad generada a partir de biogás y el calor residual que se genera en el proceso. Estos pueden ser utilizados para la producción de agua caliente y satisfacer otras demandas energéticas dentro de las operaciones agrícolas.

La disponibilidad actual de equipos para el uso y/o consumo de biogás no es tan amplia como para equipos que utilizan gas natural o GLP, sin embargo, luego de un proceso de revisión de diversas fuentes de información de tipo comercial, se identificaron una serie de equipos asociados a estas aplicaciones, los cuales se clasificaron de acuerdo a la siguiente estructura:

- Equipos de generación eléctrica: Motores y Generadores eléctricos.
- Equipos de cogeneración: Equipos CHP (Combined Heat and Power) y Microturbinas.
- Equipos para la generación de calor o frío.
- Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión.
- Equipos electrodomésticos: Calefont, Lámparas, Cocinas, Refrigerador.

Para la implementación de estos equipos en una operación agrícola es necesario contar con una serie de equipamiento relacionado, como es el caso de los sistemas para filtrar el biogás, sistemas de almacenamiento una vez que este se extrae del biodigestor anaeróbico, y tuberías para su transporte hasta el equipo que utilizará el biogás. La

secuencia que sigue el proceso desde la obtención y manejo del residuo agrícola hasta el uso final del biogás, tomando en consideración la clasificación de los equipos propuesta, se muestra en la siguiente figura.

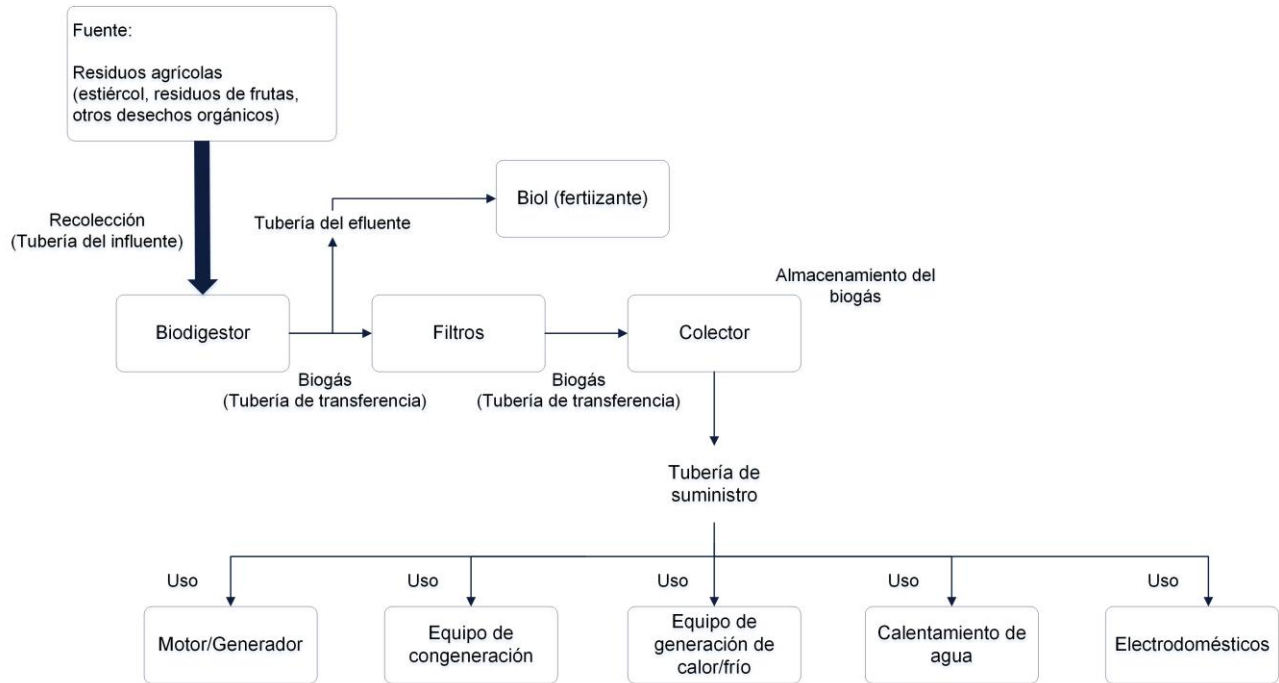


Figura 3.1 Proceso generación y uso de biogás

Fuente: Elaboración propia a partir de Clean Wisconsin, 2010 [29] y Villota, 2015 [30]

Con respecto al tamaño de los equipos, se ha seguido la definición entregada por el informe “*Small-scale Electricity Generation from Biomass - Experience with Small-scale Technologies for Basic Energy Supply*”, publicado en 2010 por GTZ-HERA, en donde se describe a las instalaciones de biogás de pequeña escala como aquellas que permiten generar hasta 100 kW [31], definición que se ajusta a operaciones agrícolas pequeñas y/o medianas. A partir de esto, los equipos se clasifican en pequeños, que corresponden a aquellos que permiten generar menos de 10 kW, y medianos, que permiten generar entre 10 kW y 100 kW.¹⁶

En este capítulo se da cuenta de una variada oferta de equipos de uso y consumo de biogás que se encuentran disponibles en el mercado internacional.

¹⁶ El Decreto 119, “Reglamento de seguridad de las plantas de biogás” del Ministerio de Energía (2016), clasifica las operaciones de biogás como pequeñas (Potencia menor o igual a 180 kW), medianas (Potencia mayor a 180 kW y menor o igual a 900 kW) y grandes (Potencia mayor a 900 kW). Sin embargo, esta clasificación no se puede asociar de forma directa al tamaño de las operaciones agrícolas, razón por la cual se ha utilizado la clasificación definida por GTZ-HERA.

3.1 Oferta comercial de equipos de uso y consumo de biogás

Tomando en consideración las categorías antes mencionadas, a continuación, se describen 60 equipos para el uso y/o consumo de biogás que han sido identificados a nivel nacional e internacional.

La siguiente tabla muestra el resumen con la cantidad de equipos identificados, de acuerdo al tipo de equipo y su tamaño.

Tabla 3.1 Cantidad de equipos identificados para el uso y/o consumo de biogás por tipo de equipo y tamaño del equipo

Tipo de equipo	Tamaño	
	Menos de 10 kW	Entre 10 kW y 100 kW
Equipos de Generación eléctrica	15	5
Equipos de Cogeneración	3	10
Equipos para la generación de calor o frío	6	2
Equipos para el calentamiento de agua o vapor de baja presión	1	3
Equipos electrodomésticos	10	5
TOTAL	35	25

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Si se considera el país de procedencia de los equipos identificados, China es el principal proveedor con 17 equipos, seguido por India y Alemania con 6 equipos, Costa Rica con 4, Estados Unidos y Reino Unido con 3 equipos. En la región, se identificaron 2 equipos provenientes de Argentina, 2 de Perú y 1 de Chile. La siguiente tabla contiene el detalle de la cantidad de equipos identificados por tamaño y país de procedencia.

Tabla 3.2 Cantidad de equipos identificados para el uso y/o consumo de biogás por tipo de equipo, tamaño del equipo y país de procedencia

Tipo de equipo	Menos de 10 kW		Entre 10 kW y 100 kW	
	Total	Por país	Total	Por país
Equipos de Generación eléctrica				
Motores	5	Costa Rica: 1 Egipto: 1; India: 1 Indonesia: 1 Perú: 1	-	-
Generadores	10	China: 3 India: 3 Italia: 1 Kenia: 1 Alemania: 1 Chile: 1	5	China: 2 Alemania: 1 Argentina: 1 Japón: 1

Equipos de Cogeneración				
Equipos CHP	3	Estados Unidos: 1 Suecia: 1 Alemania: 1	7	Alemania: 2 Reino Unido: 2 República Checa: 1 Argentina: 1 Japón: 1
Microturbinas	-	-	3	Estados Unidos: 2 Reino Unido: 1
Equipos para la generación de calor o frío				
Generación de calor	5	China: 1 Costa Rica: 1 Cuba: 1 Kenia: 1 México: 1	1	Perú: 1
Generación de frío	1	Holanda: 1	1	Australia: 1
Equipos para el calentamiento de agua o vapor de baja presión				
Calentamiento de agua	1	Estados Unidos: 1	3	Estados Unidos: 1 China: 1 Francia: 1
Equipos electrodomésticos				
Calefont	-	-	5	China: 4 India: 1
Lámparas	2	China: 1 Costa Rica: 1	-	-
Cocinas	7	China: 3 India: 1 Costa Rica: 1 Alemania: 1 Noruega: 1	-	-
Refrigerador	1	China: 1	-	China: 1

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

A continuación, se describen los equipos de uso y/o consumo de biogás que han sido identificados.

3.1.1 Equipos de generación eléctrica

En relación a los equipos para la generación de energía eléctrica, se han identificado motores de combustión interna y generadores, los cuales se enfocan en la producción de energía para autoconsumo dentro de la operación agrícola.

3.1.1.1 Motores

Los motores a gas son similares a los motores de combustión de gasolina o diésel. La diferencia principal se encuentra en el sistema de admisión de combustible, por lo tanto, es posible adaptar un motor convencional a gasolina o diésel, para que funcione con biogás,

si se realizan las modificaciones necesarias al sistema de admisión de manera que se ajuste a las condiciones de presión que requiere el biogás.

En el caso de los motores a gasolina, la sustitución puede alcanzar el 100%, mientras que, en los motores diésel, el biogás reemplaza un porcentaje de este, lo que le permite funcionar en modo dual (mezcla de diésel y biogás) [32]. En general, para los motores diésel se puede reemplazar hasta un 70% del combustible por biogás e incluso en algunos casos se puede llegar a un reemplazo del 80% [33]. Por otra parte, para utilizar el biogás en motores de combustión interna, es necesario eliminar el contenido de ácido sulfhídrico (H₂S), ya que éste al reaccionar con agua forma ácido sulfúrico (H₂SO₄) que es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños internos al motor [33].

Si bien hoy en día existen motores a biogás que se encuentran disponibles en el mercado, esta oferta específica está enfocada en equipos de gran tamaño (sobre 100 kW de potencia). Algunos ejemplos de motores que funcionan en un 100% con biogás y que se encuentran disponibles son los siguientes:

Tabla 3.3 Motores a biogás disponibles actualmente en el mercado

Empresa proveedora	Equipo	Potencia	Fuente
Clarke Energy	GE's Jenbacher Type-2 Engine	A partir de 250 kWe	Ver enlace
MAN	Special gas engines	A partir de 200 kW	Ver enlace
Caterpillar	G3406	A partir de 235 kWe	Ver enlace
Tedom	Biogas engines	Sobre 100 kW	Ver enlace
SCANIA	Power generation gas engine range	A partir de 330 kW	Ver enlace

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el caso de equipos con una potencia de hasta 100 kW, no se identificaron equipos disponibles en el mercado. Por esta razón, la disponibilidad de estos equipos se basa en adaptaciones particulares de motores a gasolina o diésel ya existentes¹⁷. A partir de esto, la siguiente tabla contiene los métodos para para adaptar motores de gasolina o diésel para su funcionamiento con biogás, que han sido identificados.

¹⁷ A modo de ejemplo, este tipo de motores adaptados requerirá entre 300 litros y 1.000 litros de biogás para funcionar durante 1 hora (dependiendo de la potencia del motor). Esto significa, por ejemplo, que por cada vaca que se posee en la granja, se pueden producir entre 1 y 3 horas de electricidad mediante un motor de combustión interna adaptado para funcionar con biogás [34], considerando que una vaca produce en promedio entre 40 y 60 kg de estiércol por día [35].

Tabla 3.4 Métodos para la adaptación de motores de combustión interna para ser utilizados con biogás

Equipo	País de procedencia	Empresa / Institución	Tipo de equipo	Tamaño
Manual para la adaptación de motores a gasolina o diésel para su funcionamiento con biogás.	Costa Rica	Universidad EARTH	Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	Pequeño
Método para modificar un motor a gasolina para funcionar con biogás	Egipto	Ain Shams University	Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	Pequeño
Método de conversión para motores diésel	India	Rural Technology Action Group	Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	Pequeño
Método de conversión para motor de gasolina a biogás	Indonesia	Udayana University	Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	Pequeño
Método de conversión del motor de una ordeñadora para su funcionamiento con biogás	Perú	Michel Apsit	Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás	Pequeño

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.1.2 Generadores

Con respecto a equipos generadores, se han identificado 13 empresas que actualmente poseen productos disponibles en el mercado, destacándose principalmente la oferta proveniente de China e India, además de Alemania, Japón, Italia y dos empresas de la región, Generarg de Argentina y Biotecsur de Chile.

Los equipos se han clasificado en generadores eléctricos y equipos electrógenos¹⁸. Dentro de los generadores eléctricos se identificaron 8 empresas que ofrecen equipos con potencia menor a 10 kW, los que se han clasificado como tamaño pequeño, ya que están enfocados a pequeñas operaciones agrícolas que cuentan con una producción de biogás limitada. Se debe considerar que un equipo de este tipo consume entre 2 m³/h y 3,5 m³/h de biogás aproximadamente. En el caso de los generadores medianos, se identificaron 2 empresas que ofrecen equipos con una potencia de hasta 50 kW.

Con respecto a los equipos electrógenos, se identificaron 2 empresas que ofrecen equipos de menos de 10 kW de potencia (pequeños) y 3 empresas que ofrecen equipos con una potencia de hasta 74 kW (medianos).

La siguiente figura muestra las empresas que han sido identificadas y el país de procedencia de los equipos.

¹⁸ Esta distinción tiene un carácter solo de tipo comercial y no técnico. Los proveedores describen sus equipos como generadores eléctricos o grupos electrógenos, sin embargo, en ambos casos se trata de generadores.

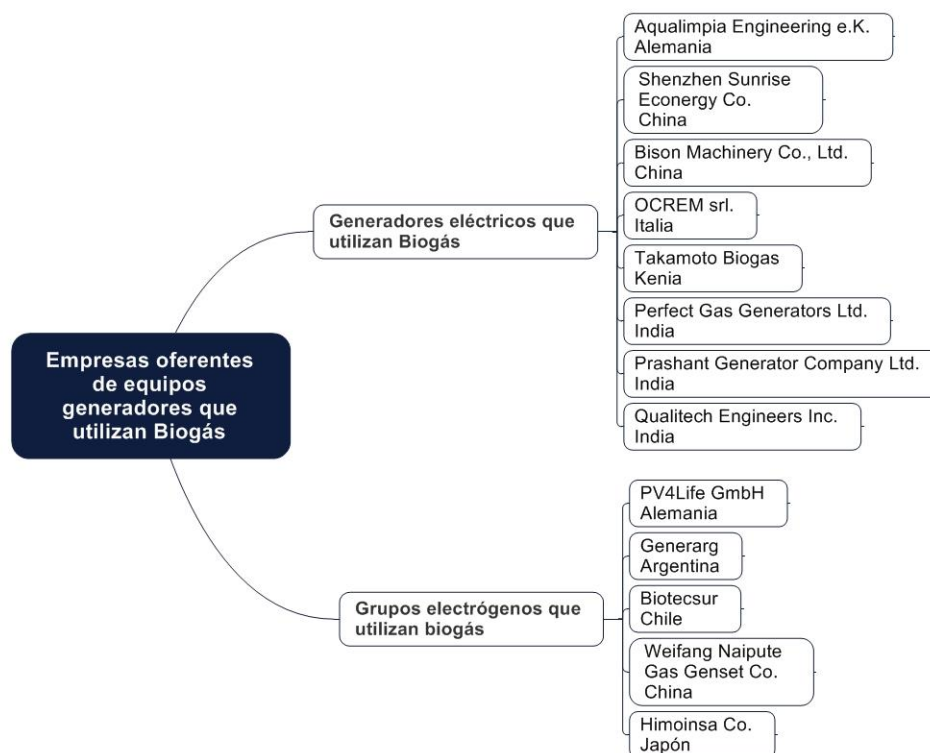


Figura 3.2 Empresas identificadas con oferta de equipos generadores que utilizan biogás
Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

A continuación, se describen los equipos generadores que han sido identificados y que se encuentran disponibles actualmente en el mercado.

Tabla 3.5 Generadores que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Ocrem Generator Sets	Italia	OCREM srl.	Generador	Pequeño
Takamoto Generator	Kenia	Takamoto Biogas	Generador	Pequeño
Generador de biogás	China	Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.	Generador	Pequeño
Biogas Engine Generator	China	Bison Machinery Co., Ltd.	Generador	Pequeño
Biogas Engine Generator	China	Bison Machinery Co., Ltd.	Generador	Pequeño
Generador de biogás	India	Perfect Gas Generators Ltd.	Generador	Pequeño
Biogas Generator	India	Prashant Generator Company Ltd.	Generador	Pequeño
Biogas Power Generator	India	Qualitech Engineers Inc.	Generador	Pequeño
Generador a biogás	Alemania	Aqualimpia Eng e.K.	Generador	Mediano
Generador de biogás	China	Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.	Generador	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Con respecto a los grupos electrógenos, los equipos identificados con disponibilidad comercial son los siguientes.

Tabla 3.6 Grupo Electrógenos que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Grupo electrógeno trifásico de biogás/híbrido	Alemania	PV4Life GmbH	Grupo electrógeno	Pequeño
Grupo Electrógeno a biogás	Chile	Biotecksur	Grupo electrógeno	Pequeño
Grupo electrógenos a biogás	Argentina	Generarg	Grupo electrógeno	Mediano
Grupo electrógeno a biogás	China	Weifang Naipute Gas Genset Co.	Grupo electrógeno	Mediano
Grupo electrógeno COP Insonorizado	Japón	Himoinsa Co.	Grupo electrógeno	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el punto 3.2 del presente informe se describen en detalle las características técnicas de las adaptaciones de motores identificadas en la tabla 3.4 y los equipos identificados en las tablas 3.5 y 3.6.

3.1.2 Equipos de cogeneración

La cogeneración es la producción simultánea de electricidad y calor, donde el calor que normalmente se desperdicia en la generación de energía convencional se recupera como energía útil, lo que evita las pérdidas que de otro modo se producirían por la generación separada de calor y electricidad. El método convencional de producción de calor y energía utilizables por separado tiene una eficiencia combinada típica del 45%, mientras que los sistemas de cogeneración pueden operar a niveles tan altos como 80% [36].

En general, los equipos de cogeneración se han utilizado tradicionalmente en las industrias del acero, química, celulosa y refinación de petróleo, es decir, aplicaciones de gran escala que involucran equipos de gran tamaño [37]. Tal es el caso de los equipos que comercializan empresas como HAASE Energietechnik GmbH [38], AB Holding Spa [39] y Kawasaki Gas Turbine Europe GmbH [40]. Sin embargo, en la actualidad se reconoce su potencial de aplicación para operaciones pequeñas [41], como su uso para la generación de energía eléctrica y térmica para pequeños hospitales, universidades, entre otras aplicaciones.

En el sector agrícola, la cogeneración a partir de residuos orgánicos es uno de los mejores medios para convertir una fuente de energía renovable en calor y energía junto con el potencial de reducción de CO₂, en comparación con los combustibles fósiles. Esto se debe a que los equipos de cogeneración permiten utilizar el calor residual en diversas aplicaciones agrícolas de gran relevancia de forma altamente eficiente, como por ejemplo en la calefacción para invernaderos, secado de madera, calefacción para animales en establos, aumento de temperatura en biodigestores, entre otras [42].

Se identificaron 12 empresas que actualmente ofrecen equipos de cogeneración que utilizan biogás, dentro de su oferta comercial actual. De estas, 10 empresas ofrecen equipos de cogeneración (CHP) convencionales y 2 empresas ofrecen microturbinas de cogeneración. La siguiente figura muestra el resumen de las empresas identificadas y el país de origen de los equipos¹⁹.

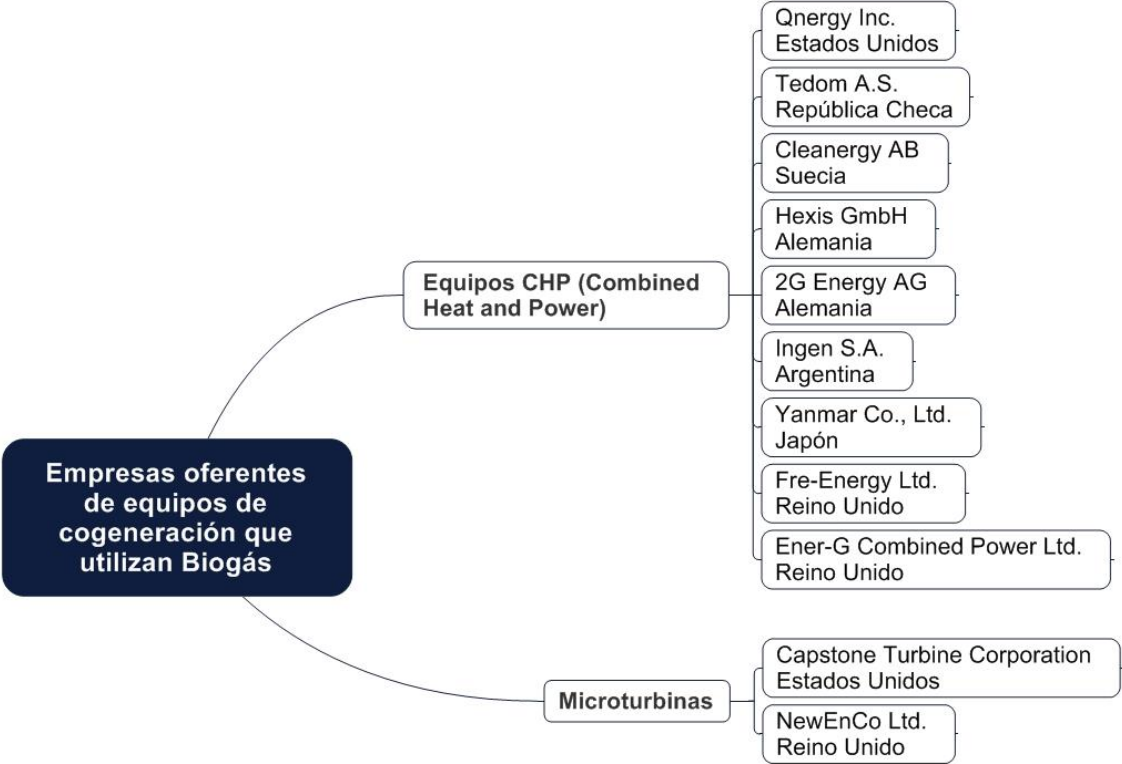


Figura 3.3 Empresas identificadas con oferta de equipos para cogeneración a biogás
Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.2.1 Equipos CHP

Dentro de la oferta de sistemas de cogeneración que utilizan biogás, se identificaron 3 equipos que se encuentran en el rango de menos de 10 kW de potencia. Estos se han clasificado como tamaño pequeño. Mientras que los equipos que poseen una potencia entre 10 kW y 100 kW se han clasificado como medianos, destacándose en este caso equipos con potencia entre 25 kW y 80 kW.

La siguiente tabla muestra el detalle de los equipos de cogeneración disponibles en el mercado que han sido identificados.

¹⁹ Otras empresas que ofrecen equipos en esta línea corresponden a: Sokraterm GmbH, ver [enlace](#), y Sommer Energy GmbH, ver [enlace](#).

Tabla 3.7 Equipos CHP que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Micro Cogeneration	Estados Unidos	Qnergy Inc.	Generador de energía eléctrica y térmica	Pequeño
Cleanergy GasBox™	Suecia	Cleanergy AB	Generador de energía eléctrica y térmica	Pequeño
Galileo 1000 N	Alemania	Hexis GmbH	Generador de energía eléctrica y térmica	Pequeño
T30 ST Biogas Indoor Canopy	República Checa	Tedom A.S.	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
Módulos de biogás Filius	Alemania	2G Energy AG	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
Módulos de biogás Serie 2G-KWK	Alemania	2G Energy AG	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
Unidades Micro CHP	Argentina	Ingen S.A.	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
Micro Cogeneration Packages	Japón	Yanmar Co., Ltd.	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
CHP Generator	Reino Unido	Fre-Energy Ltd.	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano
Micro CHP	Reino Unido	Ener-G Combined Power Ltd.	Generador de energía eléctrica y térmica	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.2.2 Microturbinas

Se identificaron 2 empresas con oferta de microturbinas de cogeneración que utilizan biogás, Capstone Turbine Corporation de Estados Unidos, y NeWenCo Ltd. del Reino Unido. En ambos casos los equipos disponibles se clasifican como medianos, ya que permiten generar entre 30 kW y 100 kW de potencia.

Cabe destacar que la tecnología involucrada en estos equipos es de última generación y orientada principalmente a la generación distribuida de ciudades o pequeñas comunidades. Sus aplicaciones mayoritariamente son con gas natural y con cambios en sus sistemas de combustión pueden operar con biogás. Debido a la sofisticación de sus sistemas y la falta de personal calificado local, no se considera apropiado introducirlo en zonas agrícolas.

La siguiente tabla muestra el detalle de los equipos identificados.

Tabla 3.8 Microturbinas que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Microturbinas C30	Estados Unidos	Capstone Turbine Corporation	Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica Pequeña escala	Mediano
Microturbinas C65	Estados Unidos	Capstone Turbine Corporation	Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica Pequeña escala	Mediano
Microturbine Turbec T100	Reino Unido	NewEnCo Ltd.	Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica Pequeña escala	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el punto 3.2 del presente informe, se describen en detalle las características técnicas de los equipos identificados en las tablas 3.7 y 3.8.

3.1.3 Equipos para la generación de calor o frío

Los equipos para generar calor o frío son claves dentro de una operación agrícola. Por ejemplo, en plantas para la cría de cerdos, se debe mantener una temperatura adecuada en corrales de maternidad, lo que se realiza generalmente con calefactores especiales, mientras que, en plantales lecheros, se debe generar frío para mantener la leche durante largos períodos de tiempo [30].

En operaciones agrícolas de pequeña y mediana escala, las necesidades de energía asociadas a la generación de calor o frío, se pueden satisfacer mediante la implementación de equipos que trabajan específicamente con biogás, existiendo actualmente una oferta comercial incipiente en esta área.

Considerando lo anterior, se han identificado 8 empresas que actualmente ofrecen productos para la generación de calor o frío, con aplicación en operaciones agrícolas pequeñas y/o medianas. La siguiente figura muestra un resumen de las empresas identificadas y su país de origen.

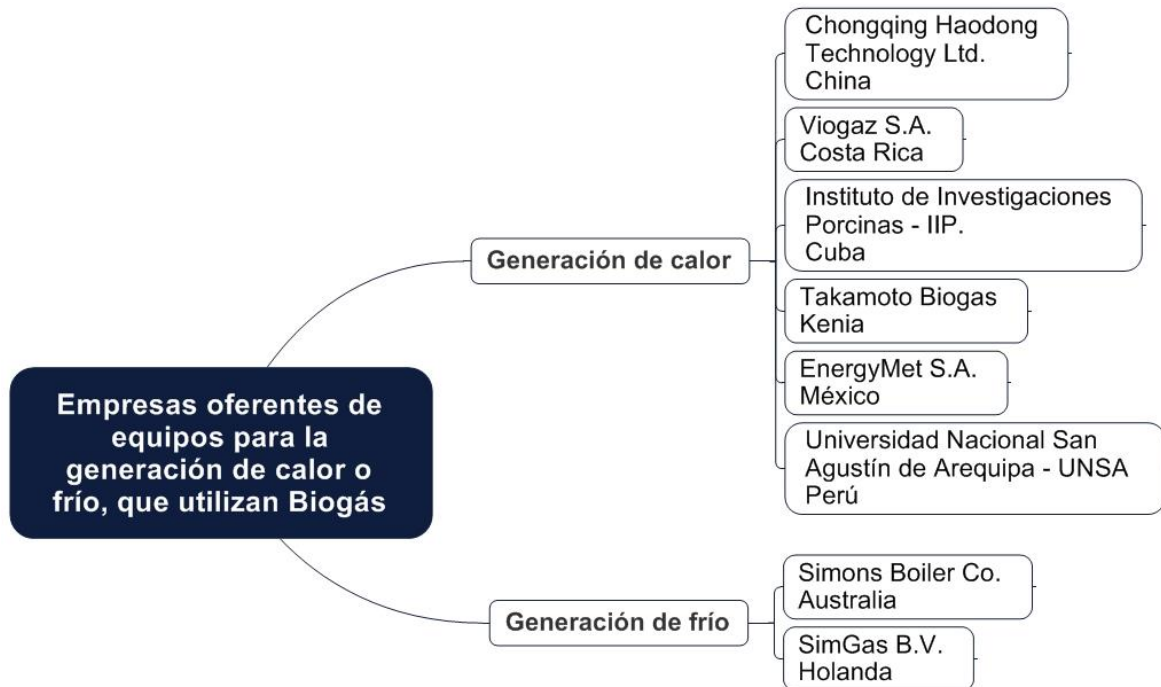


Figura 3.4 Empresas identificadas con oferta de equipos para la generación de calor o frío, que utilizan biogás

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Dentro de los equipos para la generación de calor que han sido identificados, se destaca la presencia de sistemas de calefacción para cerdos o pollos, que actualmente se comercializan como incubadoras o lámparas de calefacción. Estos equipos se clasifican como pequeños, ya que tienen un consumo de biogás que oscila entre 0,15 m³/h y 0,3 m³/h. La siguiente tabla contiene el detalle de los equipos para la generación de calor que se identificaron.

Tabla 3.9 Equipos para la generación de calor que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Radiant poultry biogas heater	China	Chongqing Haodong Technology Ltd.	Incubadora para cerdos	Pequeño
Calentador a Biogás	Costa Rica	Viogaz S.A.	Lámpara de calefacción para cerdos o pollos	Pequeño
Calentador a Biogás	Cuba	Instituto de Investigaciones Porcinas - IIP.	Lámpara de calefacción para crías porcinas	Pequeño
Brooder	Kenia	Takamoto Biogas	Lámpara de calefacción para criaderos	Pequeño

Criadoras	México	EnergyMet S.A.	Calefactor/ Incubadora para cerdos	Pequeño
Conversión de un calefactor a GLP/Gas Natural para biogás	Perú	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa - UNSA	Calefactor Método para adaptar un calefactor	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el caso de los equipos para la generación de frío, se han identificado 2 empresas que actualmente ofrecen productos que funcionan con biogás, destacándose el sistema Biogas Milk Chilling de la empresa holandesa SimGas B.V., que corresponde a un equipo enfriador para leche, diseñado para operaciones lecheras de pequeña escala.

Tabla 3.10 Equipos para la generación de frío que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Absorption Chillers	Australia	Simons Boiler Co.	Enfriador de uso industrial	Mediano
Biogas Milk Chilling	Holanda	SimGas B.V.	Enfriador Para uso en lecherías	Pequeño

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el punto 3.2 del presente informe se describen en detalle las características técnicas de los equipos identificados en las tablas 3.9 y 3.10.

3.1.4 Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión

En el caso de los equipos para el calentamiento de agua y generación de vapor, que utilizan biogás, la oferta se concentra principalmente en sistemas para la gran industria, tal es el caso de empresas como HoSt Bioenergy [43], Zhengzhou Boiler [44], Industrial Boilers Limited [45] y Enerstena Group [46], entre otras, las que poseen una oferta regular de equipos que utilizan biogás, pero con capacidades que parten desde 1 MW, los que en este caso no son aplicables para instalaciones de biogás en operaciones agrícolas pequeñas y medianas.

Sin embargo, se han identificado cuatro empresas que actualmente poseen equipos para el calentamiento de agua y que utilizan biogás, asociados a potencias que van desde los 3,7 kW hasta los 90 kW. La siguiente figura contiene el resumen de las empresas identificadas y el país de origen de los equipos, destacándose la oferta proveniente de Estados Unidos, China y Francia.



Figura 3.5 Empresas identificadas con oferta de equipos para el calentamiento de agua o vapor de baja presión, que utilizan biogás

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Los equipos identificados se asocian principalmente al calentamiento de agua, y si bien su principal característica es que pueden funcionar con biogás hasta en un 100%, también es posible utilizar otros combustibles gaseosos como gas natural, propano, GLP, entre otros.

Por otra parte, se ha identificado sólo un equipo clasificado como pequeño, con una potencial de 3,7 kW, ofrecido por la compañía Columbia Boiler Company de Estados Unidos. La siguiente tabla muestra el detalle de los equipos identificados.

Tabla 3.11 Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
MPH Series Boilers	Estados Unidos	Columbia Boiler Company	Calentador de agua para uso industrial	Pequeño
Two pass water heater	Estados Unidos	Sellers Manufacturing Co.	Calentador de agua para uso industrial	Mediano
Biogas hot water boiler	China	Gole Co., Ltd.	Calentador de agua para uso industrial	Mediano
Hot water tank	Francia	Thermigas Co.	Calentador de agua para uso industrial	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el punto 3.2 del presente informe, se describen en detalle las características técnicas de los equipos identificados en la tabla 3.11.

3.1.5 Equipos electrodomésticos

Para poder utilizar el biogás a nivel domiciliario, se requieren electrodomésticos que permitan su uso específico con biogás, como cocinas, calefont, lámparas y refrigeradores. Esto se debe a que el biogás, en comparación con otros gases, necesita menos aire para la combustión [47], por lo que los equipos convencionales no pueden utilizar el biogás sin pasar primero por un proceso de modificación²⁰.

La utilización de biogás en estos equipos sigue una secuencia sencilla, siendo necesario además del biodigestor, filtro, sistema de almacenamiento de biogás y tuberías (descrito previamente en la figura 3.1), una llave de paso en la tubería de biogás y la conexión directa al electrodoméstico, tal como se muestra en la siguiente figura 3.6.

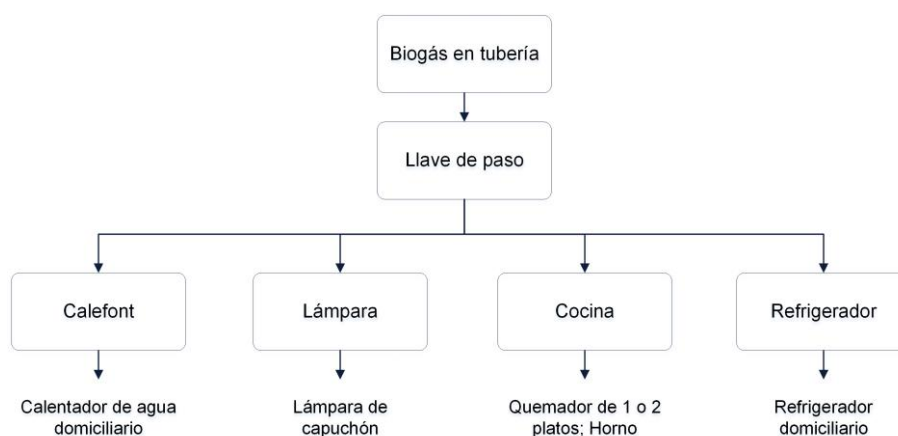


Figura 3.6 Secuencia básica para el uso de biogás en electrodomésticos

Fuente: Elaboración propia, a partir de Villota, 2015 [4].

Si bien en Chile, el DS119 no permite la adaptación de artefactos de uso intradomiciliario para su uso con biogás, a nivel mundial se han identificado diversas iniciativas donde se proponen métodos y guías para la modificación de electrodomésticos convencionales para su uso con biogás. Tal es el caso de la empresa HomeBiogas (Israel), que describe en una serie de sencillos pasos, un método para convertir una cocina convencional a GLP para su uso con biogás²¹. El método consiste en remover o agrandar el inyector de combustible debido a la diferencia de presión con que se inyecta el biogás en relación a otros gases. En este caso, el método sólo es aplicable para cocinas que tienen inyectores removibles.

En el informe “Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación”, publicado en 2008 por el Programa de Desarrollo Agropecuario - Proagro de Bolivia y la consultora alemana GTZ [35], se describen diversos métodos para la transformación de electrodomésticos para su uso con biogás, incluyendo un modo directo para la conversión de una cocina convencional²² mediante el cambio de inyectores, difusor de gas y tuberías,

²⁰ En Chile, el DS 119, exige que los artefactos de cocina sean fabricados específicamente para su uso con biogás.

²¹ Ver un video del método en el siguiente [enlace](#).

²² Otro método para la conversión de cocinas para su uso con biogás se puede ver en el siguiente [enlace](#).

además de otros sistemas para la utilización del biogás en el calentamiento de agua domiciliar y equipos de iluminación.

En el caso de los refrigeradores domésticos, también existen métodos para su conversión a biogás²³. Un caso de implementación de este tipo se puede ver en el trabajo de Tumwesigea, Fulfordb y Davidson [48], donde a partir de la modificación del quemador en un refrigerador de absorción que funciona con gas propano, se logra su funcionamiento con biogás.

Además de lo anterior, también existen electrodomésticos en el mercado que funcionan en un 100% con biogás, evitando de esta forma la necesidad de convertir equipos ya existentes. En esta línea se han identificado cocinas, calefont, lámparas y refrigeradores, que han sido fabricados para su uso con biogás, destacándose principalmente la oferta proveniente de China e India. En la siguiente figura se muestran las empresas que poseen oferta de electrodomésticos a biogás, clasificadas según el tipo de equipo.

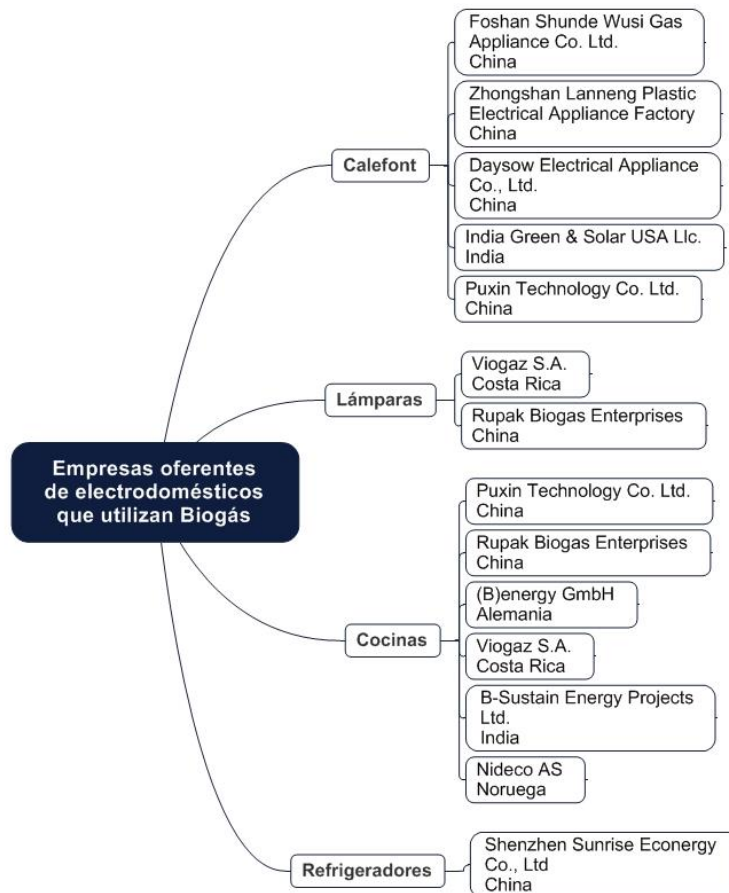


Figura 3.7 Empresas identificadas con oferta de electrodomésticos que utilizan biogás
Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

²³ Otro caso de implementación de refrigeradores a biogás se puede ver en el siguiente [enlace](#). Un video con un método de conversión a biogás de un refrigerador se puede ver en el siguiente [enlace](#).

3.1.5.1 Calefont

Se han identificado 5 empresas que proveen calentadores de agua domiciliarios que funcionan en un 100% con biogás, 4 de ellas proveniente de China y 1 de India. Estos equipos poseen una potencia que oscila entre 12 kW y 28 kW y un costo entre US\$50 y US\$200, dependiendo de su tamaño y potencia. La siguiente tabla muestra los equipos identificados.

Tabla 3.12 Calefont que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Biogas Water Heater	China	Foshan Shunde Wusi Gas Appliance Co. Ltd.	Calentador de agua para uso doméstico	Mediano
Household Biogas Water Heater	China	Zhongshan Lanneng Plastic Electrical Appliance Factory	Calentador de agua para uso doméstico	Mediano
Biogas Water Heater	China	Daysow Electrical Appliance Co., Ltd.	Calentador de agua para uso doméstico	Mediano
Water Heater	India	India Green & Solar USA Llc.	Calentador de agua para uso doméstico	Mediano
Instant Heating System	China	Puxin Technology Co. Ltd.	Calentador de agua para uso doméstico	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.5.2 Lámparas

En relación a la oferta de lámparas para iluminación que funcionan con biogás, se han identificado 2 empresas, con equipos que permiten iluminar con una potencia entre 60 W y 100 W. Las empresas identificadas, Viogaz S.A. de Costa Rica y Rupak Biogas Enterprises de China, poseen una amplia oferta de equipamiento domiciliario a partir de biogás. La siguiente tabla muestra el detalle de las empresas y equipos identificados.

Tabla 3.13 Lámparas que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Lámpara a biogás	Costa Rica	Viogaz S.A.	Lámpara para iluminación	Pequeño
Lámpara a biogás	China	Rupak Biogas Enterprises	Lámpara para iluminación	Pequeño

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.5.3 Cocinas

Se identificaron 6 empresas que actualmente ofertan cocinas que funcionan en un 100% con biogás. Además de las empresas Viogaz S.A. de Costa Rica y Rupak Biogas Enterprises de China, una de las empresas más destacadas corresponde a Puxin Technology Co. de China, que se especializa en la fabricación y comercialización de equipamiento para el aprovechamiento del biogás a pequeña escala, con una amplia oferta de electrodomésticos en esta línea.

Los equipos ofrecidos por estas empresas corresponden a cocinas encimeras de 1 o 2 platos, con potencias entre 1 kW y 3 kW y un consumo de biogás que oscila entre 0,4 m³/h para los equipos más pequeños de 1 plato, hasta los 20 m³/h para quemadores grandes, que pueden ser utilizados para cocinas con aplicación industrial.

Además, se identificaron equipos ofrecidos por empresas de Alemania, Noruega e India, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3.14 Cocinas que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Cocina sencilla a biogás	Costa Rica	Viogaz S.A.	Cocina para uso doméstico 1 quemador	Pequeño
Large Biogas Stove	China	Puxin Technology Co. Ltd.	Cocina para uso doméstico 1 quemador	Pequeño
Double burner Biogas stove	China	Puxin Technology Co. Ltd.	Cocina para uso doméstico 2 quemadores	Pequeño
Classic Double Burner Biogas Stove	China	Rupak Biogas Enterprises	Cocina para uso doméstico 2 quemadores	Pequeño
(B)FLAME	Alemania	(B)energy GmbH	Cocina para uso doméstico	Pequeño
Biogas Stove	India	B-Sustain Energy Projects Ltd.	Cocina Adaptación para uso doméstico	Pequeño
Biogas rice Cooker	Noruega	Nideco AS.	Cocina Para cocinar arroz. Uso doméstico	Pequeño

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.1.5.4 Refrigerador

La oferta de refrigerados que funcionan con biogás desde fábrica es significativamente menor, en relación a los otros tipos de electrodomésticos. En este caso, se identificó una empresa China que ofrece estos equipos, con diversos modelos que van desde los 40 litros hasta los 290 litros de capacidad.

Tabla 3.15 Refrigeradores que utilizan biogás, disponibles en el mercado

Nombre del Equipo	País de procedencia	Empresa	Tipo de equipo	Tamaño
Refrigerador a biogás	China	Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd	Refrigerador Para uso doméstico	Mediano

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

En el punto 3.2 del presente informe, se describen en detalle las características técnicas de los equipos identificados en las tablas 3.12 a las 3.15.

3.2 Condiciones operativas y productivas de equipos de uso y consumo de biogás

A continuación, se describen las características técnicas y condiciones operativas de los equipos de uso y/o consumo de biogás que han sido identificados en el punto 3.1. Para esto se ha seguido la misma clasificación por categorías y tipos de equipos definida previamente, es decir:

- Equipos de generación eléctrica: Motores y Generadores eléctricos.
- Equipos de cogeneración: Equipos CHP y Microturbinas.
- Equipos para la generación de calor o frío.
- Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión.
- Equipos electrodomésticos: Calefont, Lámparas, Cocinas, Refrigerador.

A partir del análisis de diversas fuentes de información como Fichas Técnicas, Brochure de productos, Boletines comerciales y páginas Web de las empresas identificadas, se describe cada equipo en términos de los siguientes aspectos clave:

- **País:** País de origen del producto o empresa proveedora.
- **Producto:** Nombre del equipo.
- **Descripción general:** Datos generales sobre el equipo, funcionamiento y/o aplicación principal.
- **Uso específico:** Tipo de uso para el que está diseñado el equipo.
- **Potencia:** Potencia del equipo en kW.
- **Combustible:** Funcionamiento sólo con biogás o permite su funcionamiento también con otros combustibles.
- **Consumo de combustible:** Consumo de biogás en m³/h.

- **Exigencias de calidad del biogás:** Si el biogás a utilizar requiere o no la eliminación de H₂S, las concentraciones mínimas de metano, entre otros.
- **Disponibilidad en Chile:** Si está disponible a través de algún proveedor local o distribuidor.
- **Precio:** Precio del equipo (cuando las fuentes de información consultadas lo indican).
- **Certificación:** Certificaciones que posee el equipo.
- **Contacto:** Datos de contacto de la empresa proveedora.

3.2.1 Equipos de generación eléctrica

A continuación, se describen las características técnicas y condiciones operativas de los equipos de generación eléctrica que utilizan biogás:

3.2.1.1 Motores

- [Universidad EARTH](#)

País: Costa Rica

Producto: Manual para la adaptación de motores a gasolina o diésel para su funcionamiento con biogás²⁴.

Descripción general: Corresponde a un manual para la utilización de biogás para uso en motores de cuatro tiempos, ya sea diésel o gasolina. En el caso del motor a gasolina, la adaptación permite que este pueda funcionar en un 100% con biogás, mientras que en el caso del motor diésel, luego de la adaptación, su funcionamiento es dual (diésel-biogás).

Esta es una opción energética de bajo costo, apta para zonas rurales, para generar energía eléctrica a partir de biogás, obtenido como producto de la fermentación de desechos orgánicos (digestión anaeróbica).

La metodología para la adaptación del motor de gasolina consiste en la



Figura 4. a) Pieza de adaptación para el uso de biogás en motor diésel
b) Tractor con motor diésel con pieza incorporada

²⁴ Julio Enrique Orozco; Favio Carmona; Raúl Botero; Carlos Hernández. Utilización de biogás para uso en motores de cuatro tiempos. Universidad EARTH. Serie Documentos Técnicos No. 2004-3. Ver [enlace](#).

elaboración de una pieza que permita la introducción de una mezcla de biogás-aire al cilindro del motor, utilizando materiales de PVC de bajo costo y accesibles.

La metodología para la adaptación del motor diésel de cuatro tiempos al uso de combustible mixto (diésel-biogás-aire) fue similar a la utilizada en el motor de gasolina de cuatro tiempos.

Uso específico: Motor.

Potencia: 3,7 kW (motor marca Honda de 5 HP).

Combustible: Biogás; Diésel-biogás.

Consumo de combustible: 0,55 m³/h (para el motor de gasolina convertido).

En el caso del motor diésel, el biogás puede sustituir entre un 64% y un 74% el consumo de diésel.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: Se debe considerar el costo de un motor de segunda mano y los materiales para la conversión.

Certificación: s/i

Contacto: Julio Enrique Orozco; Favio Carmona; Raúl Botero; Carlos Hernández. Universidad EARTH. San José, Costa Rica. Tel: 506 - 713 0000.

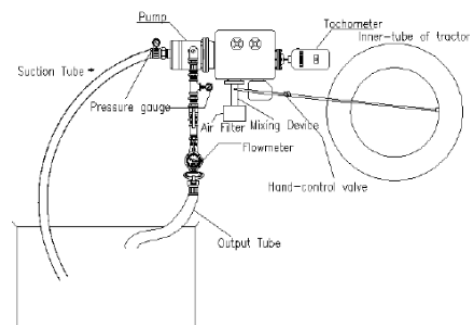
- [Ain Shams University](#)

País: Egipto

Producto: Método para modificar un motor a gasolina para funcionar con biogás.

Descripción general: Método de conversión de un motor a gasolina para su funcionamiento con biogás en un 100% (encendido a gasolina). Su uso se enfoca a la alimentación de una bomba de agua para irrigación modelo Robin PKK-201.

El motor utilizado corresponde a un Robin Ey-15Dk de encendido por chispa (SI) de cuatro cilindros y cuatro tiempos refrigerado por aire.



La modificación involucra cambios en los siguientes elementos²⁵:

- Dispositivo de mezcla
- Configuración de brecha de chispa
- Sincronización de chispa
- Índice de compresión

Uso específico: Motor de combustión interna.

Potencia: 2,5 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: Permite un ahorro de hasta 80% en el uso de gasolina. Consumo promedio de 0,5 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Ain Shams University. El-Abaseya, Egipto. Tel: +20 2 24821894. Web: www.asu.edu.eg

- [Rural Technology Action Group – IIT Delhi](#)

País: India

Producto: Método de conversión para motores diésel²⁶.

Descripción general: El Indian Institute of Technology Delhi - IIT, en colaboración con el Dr. G.P. Govil, llevó a cabo el trabajo de conversión a biogás de motores estacionarios de pequeño tamaño (rango de 3-5 kW) utilizados ampliamente para múltiples aplicaciones rurales.

En este trabajo, se genera un manual de conversión utilizando como base un motor TATA497²⁷.



²⁵ Ashrf Abdel-Galil; Mubarak M. Mostafa; Mahmoud A. Elnono; Mostafa F. Mohamed. Biogas utilization for powering water irrigation pump. *Misr J. Ag. Eng.*, 25(4): 1438-1453. Ver [enlace](#).

²⁶ Más información en el siguiente [enlace](#).

²⁷ Rutag IIT - Delhi. Development of Biogas Conversion Kit for Diesel engine. Ver [enlace](#).

La conversión de un motor diésel en un motor de encendido por chispa equivalente requiere las siguientes modificaciones:

- Extracción del sistema de inyección de combustible (bomba de combustible y el inyector).
- Incorporación de una bujía adecuada en lugar del inyector mediante la modificación adecuada en el orificio del inyector.
- Modificación en el sistema de admisión del motor que incorpora un mecanismo adecuado para la mezcla y control del aire y el combustible, es decir, un sistema de carburador de gas.
- Readaptación del sistema de encendido.
- Modificación en la cámara de combustión/relación de compresión, etc. (en caso que sea necesario).

Uso específico: Motor de combustión interna.

Potencia: 3 kW - 5 kW

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$ 3.900. Esto considera el precio del motor y la conversión. Para motores distintos el costo total de conversión será variable y dependerá del costo inicial del motor y el costo de los materiales para la conversión.

El kit completo incluye los siguientes componentes:

- Bujía
- Conjunto del carburador de gas con regulador
- Sensor de captación de velocidad
- Conjunto del sistema de encendido con bobina H.T
- Unidad de control electrónico
- Válvula de gas operada por diafragma (vaporizador)

Certificación: s/i

Contacto: RuTAG, IIT Delhi, India. S. K. Saha, Coordinator and Principal Investigator (PI).
Tel: 011-26591135. E-mail: E-mail: sahaiitd@gmail.com

- [Udayana University](#)

País: Indonesia

Producto: Método de conversión para motor de gasolina a biogás

Descripción general: Método simple de conversión de gasolina a biogás para un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos.

Para un correcto funcionamiento del motor, el biogás obtenido del biodigestor se desulfuró mediante el uso de desechos de virutas de acero compactado y recocido del proceso de torneado²⁸.

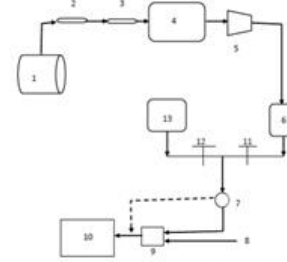


Fig. 3. Schematic of conversion method from gasoline to biogas fueled electric generator engine. 1. digester; 2. desulfurizer; 3. dehumidifier; 4. bag of gas holder; 5. compressor; 6. biogas container; 7. vacuum opened valve; 8. air intake; 9. gas and air mixer; 10. engine; 11. biogas valve; 12. LPG valve; 13. LPG container.

Uso específico: Motor de combustión interna.

Potencia: s/i

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: Permite reemplazar en un 100% el uso de gasolina.

Exigencias de calidad del biogás: El biogás debe mejorarse al nivel de impureza cero de H₂S y a nivel cero de contenido de H₂O.

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Department of Mechanical Engineering, Udayana University, Denpasar, Indonesia.

I. WayanSurata (autor). Tel.: +62-361-703321. E-mail: waysurat@yahoo.com

- [Michel Apsit](#)

País: Perú

Producto: Método de conversión del motor de una ordeñadora para su funcionamiento con biogás.

²⁸ I Wayan Surata; Tjokorda Gde Tirta Nindhia; I Ketut Adi Atmika; Dewa Ngakan Ketut Putra Negara; I Wayan Eka Permana Putra. Simple Conversion Method from Gasoline to Biogas Fueled Small Engine to Powered Electric Generator. Energy Procedia 52 (2014) 626 – 632. Ver [enlace](#).

Descripción general: Ordeñadora de 2 puestos que funciona con un motor a gasolina adaptado para funcionar con el biogás obtenido del proceso de digestión anaeróbica de excretas de ganado²⁹.

Uso específico: Motor de combustión interna.

Potencia: s/i

Combustible: Biogás³⁰.

Consumo de combustible: 0,5 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Michel Apsit Diaz. Perú. Tel: 992886345. E-mail: miapsit@hotmail.com



3.2.1.2 Generadores

A continuación, se describen características técnicas y condiciones operativas de los equipos generadores a biogás que han sido identificados, clasificados en Generadores eléctricos y Grupos electrógenos.

GENERADORES ELÉCTRICOS

- [OCREM srl.](#)

País: Italia

Producto: Ocrem Generator Sets

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Consiste en un motor endotérmico alimentado con biogás, gas, biodiesel y gasolina, diésel y un alternador (generalmente un generador síncrono). El



²⁹ Más información en el siguiente [enlace](#).

³⁰ Ver video de su funcionamiento en el siguiente [enlace](#).

alternador convierte la energía mecánica producida por el motor en energía eléctrica.

La empresa construye generadores a biogás y duales, de tamaños y especificaciones adecuadas a las necesidades del cliente³¹.

Potencia: Diversos modelos. Desde 2 kVA.

Combustible: Biogás-diésel; Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i.

Contacto: O.C.R.E.M. srl. Fossombrone, Italia. Tel: +39.0721.749.171. E-mail: info@ocrem srl.it. Web: <http://www.ocrem-generatorunits.com/>

- [Takamoto Biogas](#)

País: Kenia

Producto: Takamoto Generator

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Generador funciona con biogás para producir electricidad de 220V.

Puede alimentar equipos y electrodomésticos domiciliarios, así como también equipos y maquinaria industrial.

Potencia: 3 kW.

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$2.600 (KES 266,000).



³¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

Certificación: s/i

Contacto: Takamoto Biogas. Tel: +254 (0) 738 689788. E-mail: info@takamotobiogas.com.
Web: http://www.takamotobiogas.com

- [Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Generador de biogás

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Generador de un cilindro de 4 tiempos, enfriado por aire. Para diversas aplicaciones residenciales e industriales de pequeña escala.

Permite ahorros entre 30% y 70% en los costos de combustible en comparación con generadores a gasolina³².



Potencia: 3 modelos entre 2 kW y 6,5 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: Dependiendo del modelo consume entre 0,84 m³/h y 3,5 m³/h.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile:

Precio: A partir de US\$800.

Certificación: CE, EMC, EC-II, EPA, CARB, CSA.

Contacto: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd. Guangdong, China. E-mail: Ver [enlace](#).
Web: http://www.sunrise-econergy.com/

- [Bison Machinery Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Biogas Engine Generator

Uso específico: Generador pequeño.

³² Más información en el siguiente [enlace](#).

Descripción general: Modelo BS2500U.

Generador de un cilindro de 4 tiempos, enfriado por aire. Para diversas aplicaciones residenciales e industriales de pequeña escala.

Motor de 5,5 HP y 183 cc.³³



Potencia: 2 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$460.

Certificación: s/i

Contacto: BISON Machinery Co. Taizhou City, Zhejiang Province, China. Ltd. Tel: +86-13989606956. E-mail: coco@bisonpower.net. Web: <https://www.bisonpower.net>

- [Bison Machinery Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Biogas Engine Generator

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Modelo BS2500T.

Generador de un cilindro de 4 tiempos, enfriado por aire. Para diversas aplicaciones residenciales e industriales de pequeña escala³⁴.



Potencia: 2,2 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

³³ Más información en el siguiente [enlace](#).

³⁴ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$460

Certificación: CE, ISO

Contacto: BISON Machinery Co. Taizhou City, Zhejiang Province, China. Ltd. Tel: +86-13989606956. E-mail: coco@bisonpower.net. Web: <https://www.bisonpower.net>

- [Perfect Gas Generators Ltd.](#)

País: India

Producto: Generador de biogás

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Generador con motor de 4 tiempos y sistema electrónico de encendido.

Funciona en un 100% con biogás obtenido de la digestión anaeróbica de estiércol de vaca, paja/estiércol de aves de corral, otros).



El calor que sale del tubo de escape del generador es bajo en carbono y tiene una temperatura de entre 400-650 grados Celsius, que se puede utilizar fácilmente para fines de calentamiento indirecto.

Pose un bajo costo de mantenimiento. Hasta un 80% menos en comparación con generador diésel regular³⁵.

Potencia: Diversos modelos entre 3kVA hasta 125 kVA³⁶.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$6.200 (generador de 62 kVA).

Certificación: s/i

³⁵ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

³⁶ Ver video de la empresa en el siguiente [enlace](#).

Contacto: Perfect Gas Generators. New Delhi, India. Tel: +91-9311160471. E-mail: perfectgasgenerators@gmail.com. Web: <http://www.perfectgasgenerators.in>

- [Qualitech Engineers Inc.](#)

País: India

Producto: Biogas Power Generator

Uso específico: Generador pequeño

Descripción general: Generador que funciona en un 100% con biogás³⁷. Posee una tecnología de succión que ayuda a operar el motor incluso con biogás a baja presión.

Potencia: Varios modelos desde 1,5 kVA hasta 62,5 kVA.

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$4.200

Certificación: s/i

Contacto: Qualitech Engineers. Gujarat, India. Tel: +91 – 8071 675708. Web: <http://www.qualitechengineers.com>



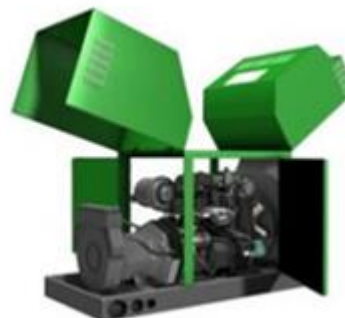
- [Prashant Generator Company Ltd.](#)

País: India

Producto: Biogas Generator

Uso específico: Generador pequeño.

Descripción general: Generador eléctrico con motor de 1 cilindro de 8 BHP, enfriado por aire.



³⁷ Más información en el siguiente [enlace](#).

Potencia: 3,5 kVA. La empresa ofrece otros modelos con potencia hasta 30 kVA³⁸.

Combustible: Biogás; Gas natural.

Consumo de combustible: 3,1 m³/h

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$2.100

Certificación: s/i

Contacto: Prashant Generator Co. Delhi, India. Tel: 011-43023798. Web: <http://www.prashantgenerator.com>

- [Aqualimpia Engineering e.K.](#)

País: Alemania

Producto: Generador a biogás

Uso específico: Generador mediano.

Descripción general: Generadores eléctricos modelo AQLgenset, con motor MAN. Los generadores AQL están dotados de sistemas electrónicos de control de última generación que los hace aptos para el trabajo con biogás.



La empresa Aqualimpia Engineering también fabrica y suministra el tren de calibración de biogás, válvulas de seguridad, filtros de remoción de H₂S, de reducción de condensados, enfriadores de biogás, etc.

Potencia: A partir de 8 kW³⁹.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,58 m³/KWh

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: Posee representante en Chile.

Ing. Hernán Quiróz. Pasaje Montt Salamanca 676, Rancagua. Tel: (09) 90 405 309. E-mail: chile@aqualimpia.com

³⁸ Detalles en el siguiente [enlace](#).

³⁹ Información técnica por modelo en el siguiente [enlace](#).

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Aqualimpia Engineering e.K. Uelzen, Alemania. Tel: +49 (581) 3890550. E-mail: aqua@aqualimpia.com. Web: <https://www.aqualimpia.com>

- [Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Generador de biogás

Uso específico: Generador mediano.

Descripción general: Generador eléctrico con motor de 2, 4 y 6 cilindros (de 2,24L hasta 6,49L), enfriados por agua. Modelos LHBG10-50.



Potencia: A partir de 10 kW hasta 50 kW⁴⁰.

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: ISO 9001:2008; CE.

Contacto: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd. LongGang District, ShenZhen City, China. E-mail: Ver [enlace](#).

⁴⁰ Más información en el siguiente [enlace](#).

GRUPOS ELECTRÓGENOS

- [PV4Life GmbH](#)

País: Alemania

Producto: Grupo electrógeno trifásico de biogás/híbrido

Uso específico: Grupo electrógeno

Descripción general: Grupo electrógeno móvil, que funciona como sistema de emergencia para distintas aplicaciones industriales. Posee un motor híbrido, enfriado por aire y bajos niveles de ruido.



Permite un ahorro en combustible diésel de un 30% y genera un 30% menos de emisiones de CO₂⁴¹.

Potencia: 4,5 kW - 12 kW.

Combustible: Biogás; GLP; Híbrido.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile:

Precio: Un uso de 12 horas diarias permite recuperar la inversión inicial en un período de 2 años.

Certificación: s/i

Contacto: PV4Life GmbH. Etterschlag, Germany. Tel: +49 (0) 176 569 11 835. E-Mail: info@pv4life.com. Web: <http://mobilhybrid.eu>

⁴¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Biotecsur](#)

País: Chile

Producto: Grupo Electrónico a biogás

Uso específico: Grupo electrógeno

Descripción general: Grupos Electrónicos a Biogás Armados en Taller Biotecsur – Osorno.

El sistema posee motores adaptados a Biogás, con potencias que van desde los 2 kW a los 30 kW. Además, la empresa fabrica e instala sistemas de soplado y filtrado de Biogás.

Se utilizan motores Nissan, Ford y Mitsubishi, con cilindradas desde 800cc hasta 6000cc⁴².



Potencia: Entre 2 kW y 30 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: Empresa con sede en la ciudad de Osorno, Chile.

En el siguiente [video](#), se observa un motor a Biogás adaptado en Osorno, Chile por Biotecsur, para funcionar en una planta de Biogás para tratar Purines de un rebaño de 200 vacas con sistema pastoreo. Solo se utilizan los purines reunidos en las 6 horas diarias de espera antes de cada ordeña.

Solucionando el tratamiento de los desechos orgánicos y captando el biogás para generar energía eléctrica y calor.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Biotecsur Chile. Tel: +56-962691331. E-mail: contacto@biotecsur.cl. Web: <http://biotecsur.cl>

⁴² Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Generarg](#)

País: Argentina

Producto: Grupo electrógenos a biogás



Uso específico: Grupo electrógeno

Descripción general: Grupo electrógeno Leroy Somer modelo MWM N 4.1G. Poseen bastidor completo con regulador de presión de entrada, silenciador urbano y panel de control digital de maquinaria térmica y eléctrica con protección antiexplosiva.

Potencia: 33 kW

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No posee distribuidor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: Fabricados y/o ensamblados por GENERARG bajo normas ISO, DIN y IEC (Argentina).

Contacto: Generarg Argentina. Tel: +54 011 4230 1267. E-mail: info@generarg.com

- [Weifang Naipute Gas Genset Co.](#)

País: China

Producto: Grupo electrógeno a biogás

Uso específico: Grupo electrógeno

Descripción general: Grupo electrógeno modelo NQ15D1.3, con motor de 3 cilindros en línea, 4 tiempos, control de encendido eléctrico, combustión estequiométrica. Posee cubierta a prueba de ruido.

Potencia: 10 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: 0,3 m³/Kwh

Exigencias de calidad del biogás: s/i



Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: ISO 9001 y CE.

Contacto: Weifang Naipute Gas Genset Co., Ltd. Shandong Province, China. Tel: +86-536-2107170. Web: <http://gas-gensets.es>

- [Himoinsa Co.](#)

País: Japón

Producto: COP Insonorizado

Uso específico: Grupo electrógeno

Descripción general: Grupo electrógeno modelo HGE-95 T5 BIO. Motor TEDOM de Biogás de 4 tiempos, refrigerado por agua, con chasis de acero⁴³.



Potencia: 74 kW (92 kVA)

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 36,8 Nm³/h (100 % Standby).

Exigencias de calidad del biogás: La composición del biogás utilizado corresponde a 65% Metano y 35% CO₂.

Disponibilidad en Chile: Abastible S.A. es el distribuidor oficial de la empresa en Chile.

Precio: s/i

Certificación: ISO 8528-1:2005; ISO 9001; CE; 2006/42/CE Seguridad de Máquinas; 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética; 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión; 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE); 97/68/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes (modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE); EN 12100, EN 13857, EN 60204.

Contacto: HIMOINSA. San Javier, Murcia, SPAIN. Tel: +34 968 191 128. Web: <http://www.himoinsa.com>

⁴³ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

3.2.2 Equipos de cogeneración

A continuación, se describen características técnicas y condiciones operativas de los equipos de cogeneración a biogás que han sido identificados, clasificados en Equipos CHP y Microturbinas.

3.2.2.1 Equipos CHP

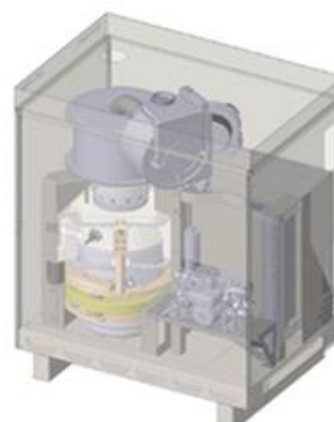
- [Qnergy Inc.](#)

País: Estados Unidos

Producto: Micro Cogeneration⁴⁴

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas.

Descripción general: La unidad Micro Cogeneration (Micro CHP) de Qnergy está diseñada para proporcionar tanto calor como energía eléctrica, para aplicaciones comerciales de pequeña escala.



Utiliza el proceso termodinámico Stirling Cycle para generar electricidad a partir de prácticamente cualquier fuente de calor. La entrada de calor crea una diferencia de temperatura en el motor que hace que el helio dentro de la cámara sellada se expanda y contraiga, lo que a su vez impulsa el movimiento alternativo del pistón. El FPSE convierte directamente el movimiento alternativo del pistón en energía eléctrica mediante un alternador lineal.

Potencia: 3,5 kW - 7,5 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural; otros.

Consumo de combustible: 0.13 (MMBTU/Hr)

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i.

Certificación: s/i

Contacto: Qnergy Inc. Ogden, UT, USA. Tel: (801) 752 0100. E-mail: info@qnergy.com

⁴⁴ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

- [Cleanergy AB](#)

País: Suecia

Producto: Cleanergy GasBox™⁴⁵

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas.

Descripción general: El GasBox es parte del Sistema de Combustión y Calor Combinado (CHP) System™ de Cleanergy. Es la única tecnología de CHP probada para producir tanto electricidad como calor a partir de una concentración de gas metano tan baja como del 18%, con múltiples aplicaciones desde biogás y vertederos hasta tratamiento de aguas residuales⁴⁶.



Potencia: 2 kW - 9 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: Rango de concentración de metano permisible: 40 – 100%.

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Cleanergy AB, Suecia. Tel: + 46 532 10020. E-mail: chp@cleanergy.com. Web: www.cleanergy.com

- [Hexis GmbH](#)

País: Alemania

Producto: Galileo 1000 N

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas.

Descripción general: Tecnología combinada de calor y electricidad (CHP) por celdas de combustible.

⁴⁵ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

⁴⁶ Ver brochure en el siguiente [enlace](#).

El sistema Galileo 1000 N convierte el gas natural de una manera altamente eficiente, respetuosa con el medio ambiente y silenciosa en calor y electricidad. El sistema cubre toda la demanda de calor para la calefacción y calentamiento de agua para aplicaciones de pequeña escala⁴⁷.

Potencia: 1 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural⁴⁸.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: Tiene incorporada una unidad de desulfuración.

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: CE.

Contacto: HEXIS GmbH. Konstanz, Deutschland. Tel: +49 7531 3631911. E-mail: info@hexis.com. Web: www.hexis.com



- [Tedom A.S.](#)

País: República Checa

Producto: T30 ST Biogas Indoor Canopy⁴⁹

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: La serie TEDOM Micro Unidades CHP son máquinas para la producción de calor y electricidad combinados a partir de la combustión de biogás. Las características básicas de la serie de unidades Micro son: alta eficiencia, diseño compacto, larga vida útil de llenado de aceite e intervalo de servicio. Debido a todas las características mencionadas, estos productos se utilizan como fuentes de energía modernas para calentar edificios pequeños en diversas aplicaciones.

Potencia: 25 kW.



⁴⁷ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

⁴⁸ Más información en el siguiente [enlace](#).

⁴⁹ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

Combustible: Biogás; Gas natural⁵⁰.

Consumo de combustible: 12,3 m³/h

Disponibilidad en Chile: A través de la empresa representante, Greentek Ltda. Web: www.greentek.cl

Exigencias de calidad del biogás: Las condiciones técnicas descritas por el proveedor están dadas para biogás con una concentración de 65% de metano.

Precio: s/i

Certificación: 90/396/EHS.

Contacto: Greentek Ltda. Fernando Maureira. Tel: +56 2 2699 3799. E-mail: fmaureira@greentek.cl

- [2G Energy AG](#)

País: Alemania

Producto: Módulos de biogás Filius⁵¹

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: Filius es un módulo listo para conectar integrado en un contenedor High-Cube de 6,06 x 2,44 x 2,89 y equipado con componentes basados en la acreditada tecnología de 2G. Los trabajos necesarios para la instalación de este módulo son mínimos, y su transporte tampoco presenta dificultades. Filius está equipado con un motor Otto de gas industrial fabricado en serie, un armario de distribución con control SPS y panel de mando.



Aplicaciones típicas:

- Explotaciones agrarias pequeñas
- Como planta modular de cogeneración satélite con microred de gas
- Plantas de aprovechamiento de residuos
- Vertederos/depuradoras
- Explotaciones con grandes cantidades de estiércol líquido
- Otras aplicaciones de gas pobre

Potencia: a partir de 50 kW (modelo filius 104).

⁵⁰ Más información en el siguiente [enlace](#).

⁵¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: DIN ISO 9001.

Contacto: 2G Energy AG. Heek, Germany. Tel: +49 (0) 25 68/9 3470. E-Mail: info@2-g.de.
Web: <http://www.2-g.com>

- [2G Energy AG](#)

País: Alemania

Producto: Módulos de biogás Serie 2G-KWK⁵²

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: El componente central de esta serie es un módulo de biogás listo para conectar de fácil instalación con potencias de hasta 370 kW. Está compuesto por un motor Otto de gas industrial fabricado en serie, un bastidor de perfiles de acero resistente a torsiones y un armario de distribución con control SPS y panel de mando.



Aplicaciones típicas:

- Explotaciones agrarias
- Como planta modular de cogeneración satélite con microred de gas
- Plantas de aprovechamiento de residuos
- Vertederos/depuradoras
- Explotaciones con grandes cantidades de estiércol líquido
- Otras aplicaciones de gas pobre

Potencia: A partir de 50 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

⁵² Más información en el siguiente [enlace](#).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: DIN ISO 9001.

Contacto: 2G Energy AG. Heek, Germany. Tel: +49 (0) 25 68/9 3470. E-Mail: info@2-g.de.
Web: <http://www.2-g.com>

- [Ingen S.A.](#)

País: Argentina

Producto: Unidades Micro CHP⁵³

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: Las unidades CHP también funcionan con Biogás, presentando así una solución energética para el campo, la gama de potencias hace posible acoplarnos a Biodigestores pequeños de una granja o Feedlot, hasta los de tamaño industrial que tiene como finalidad la venta de energía.

La recuperación de calor del CHP puede ser usada para mantener constante la temperatura del biodigestor.



Potencia: A partir de 25 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: Para asegurar el correcto funcionamiento del motor, es recomendado el tratamiento del biogás con la planta de tratamiento de gas TEDOM (Ver [enlace](#)), el cual permitirá reducir el contenido de humedad del biogás.

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i

⁵³ Más información en el siguiente [enlace](#).

Contacto: Ingen S.A. Tel: 5411 4234 3516. E-mail: info@ingen.com.ar. Web: http://www.ingen.com.ar

- [Yanmar Co., Ltd.](#)

País: Japón

Producto: Micro Cogeneration Packages⁵⁴

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: El paquete de cogeneración de biogás Yanmar (Biogas CP) ofrece una solución única para la generación eficiente de energía renovable y calor utilizando biogás derivado de una variedad de fuentes. Las unidades Single Biogás CP ofrecen una manera muy efectiva de utilizar biogás a partir de fuentes de salida más pequeñas, mientras que los sistemas de unidades múltiples Biogás CP se pueden usar en aplicaciones donde se encuentran disponibles mayores producciones de biogás. Este tipo de sistema de unidades múltiples es muy adecuado para aplicaciones donde la producción de biogás es variable, al controlar el número de unidades en uso cada unidad puede operarse cerca del nivel de salida nominal asegurando que se mantenga una alta eficiencia del sistema⁵⁵.



Potencia: 25 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: La concentración de metano puede variar entre un 60% y un 90%.

Disponibilidad en Chile: A través de distribuidores.

Precio: s/i.

Certificación: ISO9001; ISO14001.

Contacto: En Chile, Comercial Lo Espejo. Maipú, Región Metropolitana, Chile. Tel: +56 2 2510 8100. E-mail: info@clemsa.cl. Web: http://www.clemsa.cl

⁵⁴ Ver más información en el siguiente [enlace](#).

⁵⁵ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

En Chile, Importadora Nakayama. Lampa, Región Metropolitana, Chile. Tel: +56-9-8527-2777. E-mail: contacto@importadoranakayama.cl. Web: www.importadoranakayama.cl

- [Fre-Energy Ltd.](#)

País: Reino Unido

Producto: CHP Generator⁵⁶

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: Fre-energy ha desarrollado su propio motor de biogás de 80 kW que genera calor y electricidad combinados (*Combined heat and power - CHP*) basado en un motor diésel Perkins estándar de seis cilindros.



El sistema tiene el tamaño ideal para adaptarse al digestor anaeróbico más pequeño que ofrece la empresa, que es un tanque de 750 metros cúbicos. Este tanque ha sido dimensionado para manejar residuos de 150 vacas lecheras.

Cada sistema está construido sobre su propia unidad de deslizamiento, que se puede mover fácilmente. Pueden atornillarse al piso en un cobertizo o suministrarse en un contenedor acústico que contenga entre dos y cuatro motores. El motor se puede configurar para funcionar como un generador de suministro o como un generador de reserva, para proporcionar energía de respaldo durante los cortes de energía.

Potencia: 80 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i.

Contacto: Fre-energy Ltd. Wrexham, UK. Tel: +44(0)1829 270397. E-mail: info@fre-energy.co.uk. Web: <http://www.fre-energy.co.uk>

⁵⁶ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

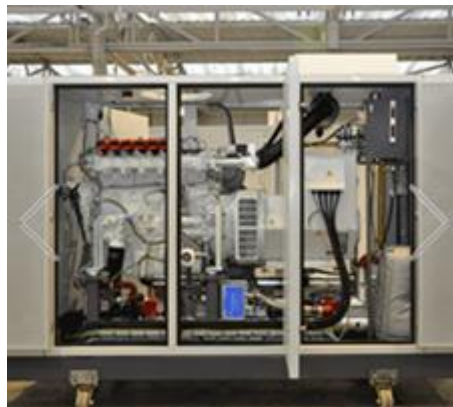
- [Ener-G Combined Power Ltd.](#)

País: Reino Unido

Producto: Micro CHP

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones medianas.

Descripción general: La Micro-Serie es la incorporación más reciente a la cartera de productos de la empresa Ener-G, como resultado de una asociación tecnológica con el fabricante japonés Yanmar.



La oferta se centra en sistemas de energía tanto ambiental como económicamente beneficiosas para aplicaciones pequeñas y micro, en el rango de 10-25 kW. El diseño compacto puede beneficiar al sector residencial, de salud, minorista, de ocio, comercial, industrial y público, entre otros⁵⁷.

Potencia: A partir de 81 kW para biogás. A partir de 35 kW para gas natural.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i.

Certificación: s/i.

Contacto: ENER-G Natural Power Limited. Manchester, UK. Tel: +44 (0) 161 745 7450. E-mail: re@energ.co.uk. Web: www.energ.co.uk

⁵⁷ Más información en el siguiente [enlace](#).

3.2.2.2 Microturbinas

- [Capstone Turbine Corporation](#)

País: Estados Unidos

Producto: Microturbinas C30⁵⁸

Uso específico: Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica de mediana escala.

Descripción general: Las microturbinas Capstone son la solución ideal para las necesidades actuales de generación distribuida. Como el fabricante líder mundial de tecnología limpia de sistemas de energía de microturbina, los productos Capstone cuentan con el respaldo de más de 100 patentes.

Potencia: 30 kW.

Puede ser conectada en paralelo para potencias de hasta 30 MW.

Combustible: Biogás; Gas natural; Propano; Otros.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: A través de la empresa Abastible S.A.

Precio: Entre US\$1.110 y US\$3.100 por cada kW⁵⁹.

Certificación: ISO.

Contacto: Abastible S.A. Tel: +56 2 22569723. E-mail: rodolfo.clementi@abastible.cl



⁵⁸ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

⁵⁹ Austrian Energy Agency. Micro CHP systems: state-of-the-art. Ver [enlace](#).

- [Capstone Turbine Corporation](#)

País: Estados Unidos

Producto: Microturbinas C65⁶⁰

Uso específico: Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica de mediana escala.

Descripción general: Las microturbinas Capstone son la solución ideal para las necesidades actuales de generación distribuida. Como el fabricante líder mundial de tecnología limpia de sistemas de energía de microturbina, los productos Capstone cuentan con el respaldo de más de 100 patentes.

Potencia: 65 kW.

Puede ser conectada en paralelo para potencias de hasta 30 MW.

Combustible: Biogás; Gas natural; Propano; Otros.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: A través de la empresa Abastible S.A.

Precio: s/i.

Certificación: ISO.

Contacto: Abastible S.A. Tel: +56 2 22569723. E-mail: rodolfo.clementi@abastible.cl



- [NewEnCo Ltd.](#)

País: Reino Unido

Producto: Microturbine Turbec T100⁶¹

Uso específico: Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica de mediana escala.

Descripción general: La microturbina Turbec T100 produce electricidad y calor alimentados por biogás o gas natural y alcanza una eficiencia general del 80%. Las emisiones de escape de las microturbinas de gases



⁶⁰ Más información en el siguiente [enlace](#).

⁶¹ Ver información técnica en el siguiente [enlace](#), páginas 18-21.

contaminantes importantes como CO y NOx son un orden de magnitud menor que las emisiones de los motores alternativos⁶². Los gases de escape son tan limpios que pueden usarse directamente en invernaderos para aumentar los niveles de CO2 que promueven el crecimiento de las plantas.

Potencia: 100 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural.

Consumo de combustible: s/i.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i.

Certificación: European Emissions standard TA Luft.

Contacto: Newenco Ltd. Cheshire, UK. Tel: +44 (0)1270 768040. E-mail: enquiries@newenco.co.uk. Web: <http://www.newenco.co.uk>

3.2.3 Equipos para la generación de calor o frío

A continuación, se describen características técnicas y condiciones operativas de los equipos identificados para la generación de calor o frío que usan biogás.

3.2.3.1 Generación de calor

- [Chongqing Haodong Technology Ltd.](#)

País: China

Producto: Radiant poultry biogas heater⁶³

Uso específico: Incubadora para cerdos y pollos.

Descripción general: Posee encendido manual y encendido automático. En el caso de las aves de corral, una incubadora de gas podría suministrar calor por 25 metros cuadrados y alrededor de 600 - 800 pollos. La altura de instalación desde el suelo debe ser de aproximadamente 1 - 1.5 metros.



⁶² Ver más detalles en el siguiente [enlace](#).

⁶³ Más información en el siguiente [enlace](#).

Posee bajas emisiones: $\text{CO} \leq 80 \text{ ppm}$; $\text{NO}_x \leq 10 \text{ ppm}$; $\text{CH}_x \leq 50 \text{ ppm}$.

La tecnología catalítica hace que estas incubadoras permitan ahorrar entre un 20% - 50% de combustible.

Fabricado en acero aluminizado, placa de panel de cerámica. Posee un dispositivo de protección de ignición.

Suministro de calor: 2,46 kWh.

Combustible: Biogás, Gas natural, GLP, propano, butano.

Consumo de combustible: 0,24 m³/hr.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No posee proveedor en Chile.

Precio: entre US\$19 y US\$40 por unidad.

Certificación: s/i

Contacto: Chongqing Haodong Technology Co., Ltd. Jiguanshi Town, Nan'an District, Chongqing China. Tel: +86 23 62914237/62951950. E-mail: admin@cqhdkj.cn. Ver [enlace](#).

- [Viogaz S.A.](#)

País: Costa Rica

Producto: Calentador a Biogás⁶⁴

Uso específico: Calefacción de lechones o pollos.

Descripción general: Para calefacción de lechones o pollos. Se pueden instalar en serie movidos por una bomba para biogás.

Los lechones requieren temperaturas entre 30 y 35 °C, pero sus madres necesitan que las mismas estén entre 15 y 21 °C. Una solución es crear microclimas, utilizando lámparas de calefacción, también conocidas como criadoras o incubadoras⁶⁵.

Fabricada de acero inoxidable con quemador de cerámica, anti-corrosiva y anti-obstrucción. El equipo incorpora una termocupla y una válvula solenoide. Si la llama se



⁶⁴ Empresa Viogaz S.A. Accesorios para biogás. Ver [enlace](#).

⁶⁵ Universidad Técnica Nacional. Informa al sector Agropecuario. N°71. 2015. Calefacción de lechones con biogás. Ver [enlace](#).

apaga, la termocupla se enfría, cerrando segundos después la válvula solenoide, eliminando el escape del biogás.

La empresa Viogaz S.A., también modifica calentadores que utilizan gas propano (que se encuentran disponibles en el mercado), para que puedan funcionar con biogás. En particular, equipos calentadores que son comercializados por las empresas Gasolec (<https://www.gasolec.com>) y Space Ray (<http://www.spaceray.com>).

Potencia: s/i

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,15 - 0,3 m³/h (biogás).

Exigencias de calidad del biogás: Requiere que el biogás pase por un filtro para eliminar el H₂S. El biogás utilizado debe contener 1.100 ppmv de H₂S.

Disponibilidad en Chile: No cuenta con proveedor.

Precio: US\$60 por unidad (aproximado).

Certificación: s/i

Contacto: Empresa Viogaz. Managua, Costa Rica. Tel: +505 8631-4645. E-mail: info@viogaz.com

- [Instituto de Investigaciones Porcinas - IIP.](#)

País: Cuba

Producto: Calentador a Biogás.

Uso específico: Lámpara de calefacción para crías porcinas.

Descripción general: De acuerdo con la experiencia en el montaje e instalación de otros equipos con biogás como cocinas domésticas e industriales, se procedió a barrenar el orificio del inyector a diferentes diámetros de trabajo desde 0.30 hasta 1.00 mm aumentando paulatinamente el mismo en 0.05 mm. Se observó que con las primeras aberturas el equipo no mantenía la llama estable y se apagaba. A partir de 0.80 mm mejoró considerablemente su funcionamiento y



con los diámetros siguientes se obtuvieron los mejores resultados: 0,85, 0,90, 0,95 y 1.00 mm⁶⁶.

Potencia: s/i

Combustible: Biogás; propano; butano.

Consumo de combustible: 0,3 m³/h (biogás).

Exigencias de calidad del biogás: La composición del biogás corresponde a 60,0% de metano, 34,0% de dióxido de carbono, 0,2% de ácido sulfhídrico y 5.8% de otros gases.

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: s/i

Certificación: s/i.

Contacto: Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No 1, Punta Brava. La Habana, Cuba. E-mail: rchao@iip.co.cu

- [Takamoto Biogas](#)

País: Kenia

Producto: Brooder.

Uso específico: Lámpara de calefacción para criaderos. Puede ser utilizado en criaderos de cerdos y/o pollos.

Descripción general: La implementación de este tipo de lámparas para calefacción en criaderos, permite mantener a las gallinas y los lechones a la temperatura adecuada mediante un calor constante.

Una lámpara permite calentar un espacio de 1/4 de metro cuadrado, lo que equivale a unos 30 polluelos.

Fabricado en acero inoxidable y quemador de cerámica.

Potencia: s/i

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: Entre 0,15 m³/h y 0,3 m³/h (aproximado).



⁶⁶ R. Chao, J. del Río, R. Sosa y Y. Díaz. Conversión de un calentador para crías porcinas de gas licuado a biogás. Revista Computadorizada de Producción Porcina. Volumen 18 (número 3) 2011. Ver [enlace](#).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$30 por unidad.

Certificación: s/i

Contacto: Takamoto Biogas. Tel: +254 (0) 738 689788. E-mail: info@takamotobiogas.com.

Web: <http://www.takamotobiogas.com>

- [EnergyMet S.A.](#)

País: México

Producto: Criadoras.

Uso específico: Calefactor/ Incubadora para cerdos/pollos⁶⁷.

Descripción general: Las criadoras radiantes de gas son utilizadas como sistemas de calefacción en las granjas Avícolas y Porcícola. Son sistemas de radiación de calor producto de la combustión de gas LP o gas natural. Al igual que las



calderas el Biogás puede ser utilizado en estos equipos para la producción de calor radiante. La eficiencia energética en estos sistemas consiste en tomar de una fuente de producción el biogás combustible y ser llevado a las criadoras con la ayuda de un soplador de biogás para dar la presión y el flujo de operación de las criadoras.

Los proyectos de uso y aprovechamiento de biogás en criadoras se enfocan en la Tecnificación, Automatización y Equipamiento de las criadoras con el objetivo de que su funcionamiento y operación sea con biogás y combustibles fósiles de manera independiente y paralela, consiste en la transportación, filtración e inyección de biogás hacia la criadora.

El funcionamiento es dual pero independiente y paralelo de energías fósiles a energías renovables.

Permite ahorros significativos en el consumo de combustible y el reemplazo del uso de fuentes de energías fósiles.

Potencia: s/i

⁶⁷ Ver más información en el siguiente [enlace](#).

Combustible: Biogás - GLP; Biogás – Gas natural.

Consumo de combustible: Entre 0,15 m³/h y 0,3 m³/h (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: NOM-085-SEMARNAT-1994. De contaminación atmosférica.

Contacto: EnergyMet S.A. San Juan Bautista, León, México. Tel: (477) 332 61 57. E-mail: info@energymet.com.mx. Web: www.energymet.com.mx

- [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa – UNAS](#)

País: Perú

Producto: Calefactor

Uso específico: Calefacción.

Descripción general: Este trabajo se realizó en la necesidad de utilizar el biogás como combustible en remplazo del GLP, la planta que exporta productos nativos, deja como residuos las cascara, las cuales son llevadas a una planta anaeróbica de flujo ascendente, generando biogás, abono y agua limpia.

El método apunta a la adaptación de un caldero GNV/GLP para su funcionamiento con el biogás obtenido del proceso de digestión anaeróbica de residuos agrícolas.

La adaptación⁶⁸ del biogás al caldero, es mediante una conexión en paralelo manteniendo la disposición original en stand-by.

Se adiciona un depósito de combustible de biogás o línea desde el reactor, con válvula de servicio, un presostato (limitador de presión) mínima de 13.68mbar, la que acciona una señal eléctrica a las válvulas solenoides, una normalmente abierta, la del biogás (ON) y otra normalmente cerrada la del GLP (OFF).

Mediante una tee el equipo de biogás se conecta al equipo original antes del reductor de presión, entre la tee y el reductor se coloca un regulador de caudal (m³/hr o gr/s). Entre el reductor de presión y el caldero se coloca el contador de gas.

Regulador de caudal, reductor de presión y contador de combustible están dentro de una caja empotrada en la pared para su protección de las inclemencias del medio ambiente.



⁶⁸ Ver detalle de equipamiento utilizado y resultados de la conversión del calefactor en el siguiente [enlace](#).

Potencia: 117 kW.

Combustible: Biogás (adaptado).

Consumo de combustible: 19,6 m³/hr (biogás).

Exigencias de calidad del biogás: CO₂ debe estar entre 9% y 12%.

Disponibilidad en Chile: No.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. E-mail: cer-ee@unsa.edu.pe; pfloresl@unsa.edu.pe.

3.2.3.2 Generación de frío

- [Simons Boiler Co.](#)

País: Australia

Producto: Absorption Chillers (Enfriador de absorción).

Uso específico: Enfriador de uso industrial.

Descripción general: Un enfriador de absorción es un refrigerador que usa una fuente de calor (por ejemplo, un sistema de cogeneración, solar, gas natural, biogás) para proporcionar la energía necesaria para impulsar el sistema de enfriamiento. Estos enfriadores son una alternativa a los refrigeradores de compresores regulares en lugares donde la electricidad no es confiable, es costosa o no está disponible de forma regular⁶⁹.

Produce agua fría para diversas aplicaciones que requieren enfriamiento.

Se compone de un generador, condensador, evaporador y absorbedor.

Potencia: 100 kW

Combustible: Biogás; Gas natural.



⁶⁹ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No posee distribuidor en Chile.

Precio:

Certificación:

Contacto: Simons Boiler Co. Sidney, Australia. Tel: +61 2 8338 8660. E-mail: info@simonsboiler.com.au

- [SimGas B.V.](#)

País: Holanda

Producto: Biogas Milk Chilling⁷⁰

Uso específico: Enfriador para uso en lecherías.

Diseño del equipo: La innovación del producto consiste en aplicar una tecnología probada de enfriamiento por absorción a un nuevo mercado fuera de la red (*off the grid*), reduciendo su capacidad habitual hasta 10 litros, lo cual está en línea con las necesidades de los productores lecheros a pequeña escala. Esto permite que los pequeños productores lecheros cambien su fuente de energía a una fuente de energía renovable: biogás⁷¹.

Posee una capacidad de enfriamiento entre 2.5 y 10 Litros y en 4 horas permite enfriar desde 35°C a 7°C (7 veces más rápido que un refrigerador doméstico). Además, funciona con cualquier tipo de digestor anaeróbico doméstico⁷².

Potencia: s/i

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i



⁷⁰ SimGas B.V. Biogas-powered milk chiller. Ver el siguiente [enlace](#).

⁷¹ Dorine Poelhekke. 2016. Biogas-Powered Milk Chiller for Small-Scale Dairy Farmers in Eastern Africa. Ver [enlace](#).

⁷² Detalle con características técnicas del sistema en el siguiente [enlace](#).

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Actualmente está siendo utilizado en el este de África mediante la implementación de proyectos piloto. Aún no se encuentra disponible a nivel comercial.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: SimGas B.V. The Hague, The Netherlands. Tel: +31 (0)6 8471 0108. E-mail: info@simgas.org

3.2.4 Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión

A continuación, se describen características técnicas y condiciones operativas de los equipos identificados para el calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión.

- [Columbia Boiler Company](#)

País: Estados Unidos

Producto: MPH Series Boilers⁷³

Uso específico: Calentador de agua para uso industrial pequeño.

Descripción general: El diseño de tres pasos de la caldera MPH es una buena opción ante los costos crecientes que experimentan los combustibles fósiles.

Esta caldera alcanza un 83% más de eficiencias de combustible haciendo circular los gases de combustión a través de la caldera 3 veces. Mientras más permanezcan los gases de combustión en la caldera, mayor será la eficiencia lograda⁷⁴.



Potencia: 3,7 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural; Propano; Diésel; Dual.

⁷³ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

⁷⁴ Más información en el siguiente [enlace](#).

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: National Board of Boiler and Pressure Vessel; CSD-1.

Contacto: Columbia Boiler Company. Pottstown, PA, USA. Tel: 610-323-2700. E-mail: boilersales@columbiaboiler.com

- [Sellers Manufacturing Co.](#)

País: Estados Unidos

Producto: Two pass water heater⁷⁵

Uso específico: Calentador de agua para uso industrial mediano.

Descripción general: Los calentadores de agua de la serie 7100 posee encendido por inmersión y diseño compacto de dos pasos. Disponible tanto en agua caliente como para vapor a alta y baja presión. El diseño del tubo de dos pasos con inmersión en gas suministra aire y gas premezclados a través de múltiples boquillas de quemadores.

Fabricado con tubos de acero con camisa de cobre y cámara de combustión sellada. Permite una eficiencia del 84%.

Potencia: 15 kW – 90 kW.

Combustible: Biogás, Gas natural, Propano.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: ASME "H" Stamp, UL.

Contacto: Sellers Manufacturing Company, Danville, Kentucky - USA. Tel: 859-236-3181. E-mail: sales@sellersmfg.com



⁷⁵ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

- [Gole Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Biogas hot water boiler⁷⁶

Uso específico: Calentador de agua para uso industrial mediano.

Descripción general: Posee un sistema de combustión con quemador automático, con protección contra llamas, protección contra agua y protección contra altas temperaturas.

Se alimenta con biogás obtenido de reacciones de fermentación de estiércol animal y otros desechos de la industria agrícola.

Energía o Trabajo nominal: 11Kwh

Combustible: Biogás; Gas Natural; GLP.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$1.000 – US\$8.000

Certificación: s/i

Contacto: Henan Province Import & Export Co., Ltd. China. Ver [enlace](#).



⁷⁶ Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Thermigas Co.](#)

País: Francia

Producto: Hot water tank⁷⁷

Uso específico: Calentador de agua para uso industrial mediano, compatible con biogás.

Descripción general: Tanque con revestimiento de acero de bajo costo para temperaturas inferiores a 70 °C. Algunas características del equipo:

- Ahorro de energía de hasta 30%
- Reducción de las emisiones de CO2
- Eficiencia desde 95%
- Tanque soldado con plasma
- Maneja eficientemente grandes variaciones de volumen (llenado matutino, lavado final de producción)
- Inicio programable
- Circuito de agua más corto, menor pérdida de energía

Potencia: 40 kW

Combustible: Biogás; Otros.

Consumo de combustible: s/i

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Thermigas Co. Lamballe, Francia. Tel: +33 (0)2.96.31.30.40. E-mail: contact@thermigas.com



⁷⁷ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

3.2.5 Equipos electrodomésticos

A continuación, se describen características técnicas y condiciones operativas de los equipos electrodomésticos que usan biogás identificados, clasificados en calefont, lámparas, cocinas y refrigerador.

3.2.5.1 Calefont

- [Foshan Shunde Wusi Gas Appliance Co. Ltd.](#)

País: China

Producto: Biogas Water Heater⁷⁸

Uso específico: Calentador de agua para uso doméstico.

Descripción general: Posee un mecanismo para controlar el flujo de agua, un sistema de estabilización de la corriente de biogás y tensión eléctrica.

Capacidades para 6 y 7 litros de agua.

Potencia: 12 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 2 m³/hr (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$50 - US\$60.

Certificación: s/i

Contacto: Foshan Shunde Wusi Gas Appliance Co. Ltd. Guangdong, China. Tel: (86 757) 28675439. Web: <http://www.globalsources.com/wusi.co>



⁷⁸ Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Zhongshan Lanneng Plastic Electrical Appliance Factory](#)

País: China

Producto: Household Biogas Water Heater

Uso específico: Calentador de agua para uso doméstico.

Descripción general: Equipo de alta eficiencia para el ahorro de energía. Posee tecnología de combustión que permite:

- Activación de baja presión de agua: especial para zonas que cuentan con baja presión de agua.
- Detección de llama para un corte de llama seguro.
- Protección contra sobrepresión para aliviar de forma automática la presión de agua ultra alta.
- Protección anticongelante para regiones frías.

Capacidad desde 6 litros⁷⁹.

Potencia: 12 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 2 m³/hr (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$50 - US\$200

Certificación: s/i

Contacto: Zhongshan Lanneng Plastic Electrical Appliance Factory. Zhongshan, Guangdong, China. Ver [enlace](#).



⁷⁹ Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Daysow Electrical Appliance Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Biogas Water Heater

Uso específico: Calentador de agua para uso doméstico.

Descripción general: Algunas características del equipo son las siguientes:

- Sistema de ahorro de energía.
- Pantalla LCD.
- Protección de apagador de llama.
- Perno de encendido doble, dispositivo de encendido de pulso eléctrico automático.
- El agua caliente sale en 5 segundos.
- Protección ante sobre presión de agua.

Eficiencia de hasta 85% y capacidad entre 6 y 16 litros⁸⁰.

Potencia: 12 kW - 28 kW.

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: 2 m³/hr (aproximado).

Exigencias de calidad del biogás: Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás.

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Daysow Electrical Appliance Co., Ltd. Guangdong, China Tel: 86-758-2221486.
E-mail: daysow@126.com. Web: <http://www.hrmjyy.com/com/daysow/>



⁸⁰ Ver información técnica en el siguiente [enlace](#).

- [India Green & Solar USA Llc.](#)

País: India

Producto: Water Heater

Uso específico: Calentador de agua para uso doméstico.

Descripción general: Calentadores de agua de biogás que poseen un dispositivo automático de control de agua.

Potencia: s/i

Combustible: Biogás; Gas natural; GLP.

Consumo de combustible: 0,4 m³/hr - 1,2 m³/hr.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$50 - US\$200

Certificación: s/i

Contacto: India Green & Solar USA LLC. Kozhikode, Kerala. India. Ver [enlace](#).



- [Shenzhen Puxin Technology Co., Ltd.](#)

País: China

Producto: Puxin Instant Heating System Shower Water Heater⁸¹

Uso específico: Calentador de agua para uso doméstico.

Descripción general: Calentador de agua de ducha, con capacidades para 7 litros de agua.

Potencia: 14 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 2 - 3m³/hr

Exigencias de calidad del biogás: Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás, el cual debe ser reemplazado cada 3 meses.



⁸¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$30 - US\$80

Certificación: s/i

Contacto: Puxin Technology Co. Ltd. Tel: +86-755-89323983. E-mail: JW@puxintech.com.
Web: www.puxintech.com

3.2.5.2 Lámparas

- [Viogaz S.A.](#)

País: Costa Rica

Producto: Lámpara a biogás

Uso específico: Lámpara para iluminación.

Descripción general: Lámpara de biogás de fácil instalación, permite reemplazar el uso de combustibles fósiles y baterías y es amigable con el medioambiente.

Para iluminación en lugares con acceso limitado a la electricidad.

Potencia: 60 W.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,12 m³/hr - 0,15 m³/hr

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No cuenta con proveedor.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Empresa Viogaz. Managua, Costa Rica. Tel: +505 8631-4645. E-mail: info@viogaz.com



- [Rupak Biogas Enterprises](#)

País: China

Producto: Lámpara a biogás

Uso específico: Lámpara para iluminación.

Descripción general: Para iluminación en lugares con acceso limitado a la electricidad.

Puede ser fabricada a medida, según las necesidades del cliente⁸².

Potencia: 60 W - 100 W.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,12 m³/hr - 0,15 m³/hr

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No cuenta con proveedor.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Rupak Enterprises. Delhi, India. Tel: +917210116104. Web: <http://www.rupakbiogas.com>



3.5.5.3 Cocinas

- [Viogaz S.A.](#)

País: Costa Rica

Producto: Cocina sencilla a biogás

Uso específico: Cocina para uso doméstico con 1 quemador.

Descripción general: Para cocción. Presión de entrada: 1600 Pa (16 milibares)

Potencia: 1 kW (aproximado).



⁸² Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,4 - 0,8 m³/hr

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No cuenta con proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: s/i

Contacto: Empresa Viogaz. Managua, Costa Rica. Tel: +505 8631-4645. E-mail: info@viogaz.com

- [Puxin Technology Co. Ltd.](#)

País: China

Producto: Large Biogas Stove, modelo LC/1.

Uso específico: Cocina para uso doméstico con 1 quemador⁸³.

Descripción general: Cocina de biogás de acero inoxidable, donde la superficie del horno posee placas de acero inoxidable de 1,2 mm, placa frontal y lateral con placa de acero inoxidable de 1,0 mm de grosor, un soplador de aire de presión media y un sistema de encendido electrónico.



Potencia: s/i

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 20 m³/hr.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$120 - US\$1.000

Certificación: CB, CE.

Contacto: Puxin Technology Co. Ltd. Tel: +86-755-89323983. E-mail: JW@puxintech.com. Web: www.puxintech.com

⁸³ Más información en el siguiente [enlace](#).

- [Puxin Technology Co. Ltd.](#)

País: China

Producto: Double burner Biogas stove, modelo DB

Uso específico: Cocina para uso doméstico con 2 quemadores.

Descripción general: Fabricada en acero inoxidable y plato con dos quemadores⁸⁴.

Potencia: 2,8 kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,45 m³/h (por cada quemador).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$ 10 - US\$ 50

Certificación:

Contacto: Puxin Technology Co. Ltd. Tel: +86-755-89323983. E-mail: JW@puxintech.com. Web: www.puxintech.com



- [Rupak Biogas Enterprises](#)

País: China

Producto: Biogas Stove⁸⁵

Uso específico: Cocina para uso doméstico con 2 quemadores.

Descripción general: En diversas medidas. Todas fabricadas en acero inoxidable y hierro fundido.

Potencia: Entre 2kW y 3kW.

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,45 m³/hr (por cada quemador).



⁸⁴ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

⁸⁵ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: s/i

Certificación: ISI; KVIC.

Contacto: Rupak Enterprises. Delhi, India. Tel: +917210116104. Web: <http://www.rupakbiogas.com>

- [\(B\)energy GmbH](#)

País: Alemania

Producto: (B)FLAME

Uso específico: Cocina para uso doméstico⁸⁶.

Descripción general: Diseños disponibles de bajo y medio costo, para uso doméstico o institucional.

Equipado con válvula de regulación.

Ofrecen 3 tamaños diferentes de quemadores, para pequeñas cocinas, medianas e institucionales. También dispone de tamaños de cabezales de quemador personalizados.



El sistema permite cocinar a nivel doméstico e institucional, utilizando el gas obtenido en procesos de digestión anaeróbica de desechos agrícolas.

El foco de la empresa se encuentra en la entrega de soluciones de bajo costo para el aprovechamiento de biogás de pequeña escala en África, Asia y América Latina.

Potencia: 2,2 kW.

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: 0,4 m³/hr.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$23 - US\$32

Certificación:

⁸⁶ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

Contacto: (B)FLAME Alemania. Tel: +49 2620 902622. E-mail: info@be-nrg.com. Web: http://www.be-nrg.com

- [B-Sustain Energy Projects Ltd.](#)

País: India

Producto: Biogas Stove

Uso específico: Cocina a biogás⁸⁷.

Descripción general: B-Sustain ofrece cocinas de biogás en varios tamaños con diferentes características como cuerpo de hierro fundido, cuerpo de acero inoxidable, marco, perillas de mariposa, perillas tipo válvula y otras, basadas en las necesidades específicas del cliente que van desde el uso doméstico hasta la cocina industrial⁸⁸.



Potencia: s/i

Combustible: Biogás

Consumo de combustible: Entre 0,4 m³/h y 0,8 m³/h.

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: Desde US\$13 (unidad).

Certificación: s/i

Contacto: B-sustain Energy Projects Pvt Ltd. Tamil Nadu, India. Tel: +91-8071801475. Web: www.bsustain.in

⁸⁷ Información de la empresa en el siguiente [enlace](#).

⁸⁸ Ver video del funcionamiento del equipo en el siguiente [enlace](#).

- [Nideco AS.](#)

País: Noruega

Producto: Biogas rice Cooker⁸⁹

Uso específico: Cocina a biogás. Para cocinar arroz, de uso doméstico.

Descripción general: Olla arrocera que utiliza biogás de fácil uso. Fabricada en acero inoxidable.

Capacidades entre 2 litros y 20 litros⁹⁰ (foto referencial corresponde al modelo de 2L).

Peso de 3,5 kg.

Potencia: 1 kW (modelo 2L)

Combustible: Biogás.

Consumo de combustible: 0,14 m³/h (modelo 2L).

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$ 20 - US\$ 100.

Certificación: s/i

Contacto: Nideco AS. Oslo, Norway. Tel: +47 967 57 332. E-mail: info@nideco.no



⁸⁹ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

⁹⁰ Información de la empresa Puxin, fabricante de ollas arroceras a biogás. Ver [enlace](#).

3.5.5.4 Refrigerador

- [Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd](#)

País: China

Producto: Refrigerador

Uso específico: Refrigerador domiciliario.

Descripción general: Refrigerador de biogás, para uso doméstico.

Diversos modelos de con capacidades desde 40 litros hasta 290 litros (foto referencial modelo XD-200, con capacidad de 200 litros)⁹¹.

Peso de 75 Kg (modelo 200L).

Potencia: 1,5 kW

Combustible: Biogás; GLP; otros.

Consumo de combustible: 1,5 m³/h (aproximado, dependiendo de la capacidad del modelo)

Exigencias de calidad del biogás: s/i

Disponibilidad en Chile: No se identifica proveedor en Chile.

Precio: US\$ 750 - US\$ 1.000

Certificación: CB, CE, CSA, EMC, EMF, ETL.

Contacto: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd. Guangdong, China. E-mail: Ver [enlace](#).
Web: <http://www.sunrise-econergy.com/>



⁹¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

3.3 Certificaciones y exigencias legales para equipos de uso y consumo de biogás

A continuación, se describen las principales normativas, estándares y certificaciones asociados a equipos de uso y/o consumo de biogás, tanto a nivel nacional como internacional.

3.3.1 Normativa asociada al uso y consumo de biogás en Chile

En Chile, existe sólo una norma específica para biogás, expresada en el Decreto 119 del Ministerio de Energía, publicado en 2016, que establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las plantas de biogás, en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, inspección y término definitivo de operaciones, en las que se realizarán indistintamente las actividades de recepción, preparación y almacenamiento de sustrato; producción, almacenamiento, transferencia, tratamiento, suministro, uso o consumo de biogás, y demás actividades relacionadas, así como las obligaciones de las personas naturales y jurídicas que intervienen en dichas actividades a objeto de desarrollarlas en forma segura [Ver [enlace](#)].

Se cuenta además con el D.S. N° 191 de 1996, que establece los requisitos mínimos que se debe cumplir para obtener las licencias de instalador de gas y los requisitos específicos para ser Instalador de Biogás [Ver [enlace](#)].

Toda la normativa legal y técnica adicional que puede ser aplicable a una instalación de biogás, tanto para su producción, su consumo, y todos los demás aspectos asociados, se rigen por normas de carácter general, y no específicas para biogás.

A continuación, se describen los aspectos normativos que se deben considerar para el uso y/o consumo de biogás.

3.3.1.1 Normativa aplicable a las operaciones agrícolas

La acumulación, disposición y uso de los desechos de las explotaciones agrícolas pueden provocar serios daños ambientales, por lo cual existe una normativa específica que regula estas actividades, independiente de su tamaño. Las normativas más generales aplicables en este ámbito son las siguientes:

- Decreto Ley N° 3.557 de 1980 del Ministerio de Agricultura, que establece disposiciones sobre Protección del Suelo, Agua y Aire [Ver [enlace](#)].
- D.F.L. N° 725 de 1967 [Ver [enlace](#)] código Sanitario del Ministerio de Salud, donde su artículo 71 indica que corresponde al Servicio Nacional de Salud aprobar los proyectos relativos a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a:
 - a) la provisión o purificación de agua potable de una población, y

b) la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros.

- Ley 19.300 [Ver [enlace](#)] de Bases Generales del Medio Ambiente, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece que cualquier tipo de empresa debe respetar el derecho de las personas, incluyendo las pequeñas y medianas empresas, evitando la contaminación y degradación del medio ambiente. Requiere que los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, solo podrán ejecutarse o modificarse previa evaluación de su impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en la ley.
- Decreto Supremo N° 30 de 1997 [Ver [enlace](#)] del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N° 351 de 1992 [Ver [enlace](#)] del Ministerio de Obras Públicas. “Reglamento para la Neutralización y Depuración de los Residuos Líquidos Industriales a que se refiere la Ley N° 3.133”. Modificado por el Decreto Supremo N°1.172/98.
- Decreto Supremo N° 90/01 [Ver [enlace](#)]. Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. Se debe tener especial cuidado en el destino de las descargas del agua tratada, la cual solo puede ser depositada a los cursos superficiales cercanos con concentraciones inferiores a las que establece la norma.
- Decreto Supremo 46/2002 [Ver [enlace](#)], que regula la emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas que establece el cuidado sobre el rebalse de los sistemas de tratamiento o almacenamiento, y todo tipo de escurrimiento superficial que pueda ser potencial contaminante de los cursos superficiales.
- Decreto Supremo N° 745/92 [Ver [enlace](#)], art. 16, que establece la prohibición de Descarga de Residuos en Cursos de Agua.
- Decreto Supremo número 609 de 1998, del Ministerio de Obras Públicas, modificado por Decreto Supremo MOP número 3.592 de 2000 (vigente a partir del 26 de septiembre de 2000) y por el Decreto Supremo MOP Número 601 de 2004 (vigente a partir del 8 de septiembre de 2004) [Ver [enlace](#)], en él se establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.
- Decreto Supremo 594/1999, que establece el reglamento de Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, modificado por el Decreto Supremo N°30/2018 [Ver [enlace](#)].

- Norma Chilena Oficial NCh.1.333 / 1987 [Ver [enlace](#)], que indica los requisitos de calidad de agua para diferentes usos.

3.3.1.2 Normativa asociada al almacenamiento, transporte y abastecimiento de combustibles

Las normativas de carácter general asociadas al almacenamiento, transporte y abastecimiento de combustibles corresponden a:

- Decreto N°160 del 2009 Ministerio de Economía “Reglamento de Seguridad para las Instalaciones y Operaciones de Producción, Refinación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Abastecimiento de Combustibles Líquidos”. Modificado por el Decreto N°138 de 2016 [Ver [enlace](#)].
- Decreto N°108 del 2014 [Ver [enlace](#)] Ministerio de Energía “Reglamento de Seguridad para las instalaciones de almacenamiento transporte y distribución de gas licuado de petróleo y operaciones asociadas”. Este Decreto reemplaza y deroga a su homólogo anterior DS29/1986 y DS226/1982 del Ministerio de Economía.
- Decreto N°67 de 2012 [Ver [enlace](#)], aprueba Reglamento de Seguridad de Plantas de Gas Natural Licuado del Ministerio de Energía, el cual reemplaza al Decreto Supremo N° 277 de 2009.
- Norma Chilena NCh 3213Of2010 [Ver [enlace](#)] que establece las especificaciones del Biometano. Declara que se entenderá por combustibles tradicionales a los siguientes combustibles sólidos de uso común: Antracita, carbón bituminoso (hulla), carbón sub-bituminoso (lignitos negros), lignitos, turba, carbón coke, carbón vegetal y biomasa no tratada, hidrógeno, biogás y otros combustibles definidos por el Ministerio de Energía.
- Decreto Supremo N°119/1989 [Ver [enlace](#)]. Reglamento de Sanciones en Materia de Electricidad y Combustibles.

3.3.1.3 Normativa asociada a equipos para el uso y consumo de biogás

Una normativa relevante en este ámbito corresponde al Reglamento para la certificación de productos eléctricos y de combustibles, expresado en el Decreto Supremo N° 298/2005 [Ver [enlace](#)]. Lo dispuesto en este reglamento es aplicable a la regulación de los artefactos y materiales utilizados en las instalaciones de biogás. Se indica que el fabricante o el importador de un producto de gas deberá certificar la seguridad y calidad de éste, a través de alguno de los laboratorios o entidades de certificación autorizados por SEC para tal efecto en el país⁹², en base a normas o especificaciones técnicas asignadas por la Superintendencia. En el caso de los productos de gas importados que cuenten con certificación de origen, deberán ser certificados por un Laboratorio o Entidad de

⁹² Organismos de Certificación. Ver [enlace](#)

Certificación autorizado por SEC en Chile. Esto, a menos que la Superintendencia establezca expresamente que las normas o especificaciones técnicas usadas para la certificación en origen de un producto específico son homologables con aquellas vigentes en el país.

La homologación de las normas o especificaciones técnicas para la certificación de los productos de gas con certificación de origen es realizada por la Superintendencia. No obstante, los Laboratorios o Entidades de Certificación nacionales podrán proponer a SEC la homologación de dichas normas o especificaciones técnicas para su visado.

Otros decretos y normas específicas para equipos que utilizan combustibles gaseosos corresponden a los siguientes:

- Oficio Circular N°6433/02 [Ver [enlace](#)], Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Establece las exigencias que avalen la seguridad de instalaciones interiores de gas no contempladas en el Decreto Supremo N°222/1995 y sus modificaciones Decreto Supremo N° 66/2007 y Decreto Supremo N°20/2008.
- Decreto Supremo N°191/1995 [Ver [enlace](#)] Reglamento de Instaladores de Gas.
- Decreto 10 de 2013. Reglamento de Calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua [Ver [enlace](#)]. Aplicable a calderas de vapor de agua, calderas de calefacción y calderas de fluidos térmicos, sean estas fijas o móviles, autoclaves y equipos que trabajan con vapor de agua, a presión manométrica igual o superior a 0,5 kg/ cm² y la red de distribución de vapor, desde la fuente de generación de vapor, a los puntos de consumo de todo proceso, sus componentes y accesorios. Este Decreto reemplaza y deroga al DS 48 de 1984 anterior.
- Oficio Circular N° 496/2008 [Ver [enlace](#)], Superintendencia de Electricidad y Combustibles. Establece información que se debe entregar respecto a instalación de artefactos y sistemas de evacuación de los gases producto de la combustión, en relación a lo dispuesto en el D.S. N° 66/2007 del Ministerio de Economía, Aprueba Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores. Esta norma es aplicable en la medida que dichos artefactos y sistemas se hayan diseñado para el uso del biogás.
- NCh 10.84 [Ver [enlace](#)]. Indica los procedimientos a seguir para la puesta en servicio de una instalación interior. Incluye copia de Declaración de Instalación Eléctrica Interior.
- NCh_2.84 [Ver [enlace](#)]. Establece disposiciones técnicas que deben cumplirse en la elaboración y presentación de proyectos relacionados con instalaciones eléctricas.
- Resolución Exenta RE N° 2076 [Ver [enlace](#)]. Aprueba Protocolos para la Certificación, Inspección periódica y verificación de la conversión de Instalaciones Interiores de Gas.

Además de lo anterior, la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) establece protocolos de certificación para distintos tipos de equipos que utilizan combustibles gaseosos. La siguiente tabla contiene un resumen con aquellos aplicables a tipos de equipos que utilizan biogás de acuerdo a lo descrito en los puntos 3.1 y 3.2 del presente informe.

Tabla 3.16 Protocolos de certificación para equipos

Norma Base	Descripción
NCh 927:2008	<u>COCINAS</u> Protocolo de seguridad para artefactos que se usan para cocinas. Ver enlace . Protocolo de uso eficiente de la energía para artefactos de uso doméstico para cocinar que utilizan combustibles gaseosos. Ver enlace . Protocolo de análisis y ensayos de productos de gas para hornos domésticos. Ver enlace .
NCh 2212Of2000	<u>COCINAS</u> Protocolo de análisis y/o ensayos de productos de gas. Artefactos de gas de uso colectivo para cocinar. Ver enlace
UNE EN 677	<u>CALDERAS</u> Protocolo de análisis y/o ensayos de productos de gas. Ver enlace .
NCh3141Of2008	<u>CALDERAS</u> Protocolo de análisis de seguridad para calderas que utilizan combustibles gaseosos, cuyo consumo calorífico es menor o igual a 70 kW. Ver enlace
UNE EN 656:2000	<u>CALDERAS</u> Protocolo de análisis de seguridad para calderas que utilizan combustibles gaseosos, cuyo consumo calorífico es mayor a 70 kW y menor a 300 kW. Ver enlace
UNE EN 625:1995 UNE En 297:1994	<u>CALDERAS</u> Calderas para calefacción y agua caliente que utilizan combustibles gaseosos. Protocolo de análisis y/o ensayos de productos de gas para el uso eficiente de la energía. Ver enlace .
NCh 1938:2005	<u>CALEFONES</u> Protocolo de análisis y/o ensayos de seguridad de productos de gas. Ver enlace . Ver enlace .
NCh 2367.Of2008	<u>TERMOS</u> Protocolo de análisis y/o ensayos de seguridad para termos que utilizan combustibles gaseosos. Ver enlace .
UNE EN 12601:2011	<u>GENERADORES</u> Generadores a gas de potencia máxima hasta 10 kW. Protocolo de análisis y/o ensayos de seguridad de productos de gas. Ver enlace .
NCh 3170.Of2010	<u>CALEFACTORES</u> Protocolo de análisis para Calefactores que utilizan combustibles gaseosos. Ver enlace
NCh 3194.Of2010	<u>ESTUFAS</u> Protocolo de análisis y/o ensayos de seguridad para estufas independientes no conectadas a un conducto de evacuación que utilizan combustibles gaseosos cuyo consumo nominal sea inferior o igual a 6 kW. Ver enlace
ASME B16.22a:1998	<u>UNIONES DE COBRE</u> Protocolo de análisis para accesorios de unión de cobre forjado para gases combustibles. Ver enlace

Fuente: Elaboración propia a partir de información dispuesta por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), 2018.

3.3.2 Certificaciones internacionales asociadas a equipos de uso y consumo de biogás

En este apartado se describen algunas normas técnicas y estándares internacionales que aplican para equipos que utilizan biogás.

3.3.2.1 Normas y estándares de carácter general para biogás

Los estándares que normalizan de forma específica la producción, almacenamiento y uso de biogás son relativamente escasos, en relación a otros gases comúnmente utilizados, sin embargo, es posible identificar algunos estándares de calidad y seguridad que afectan a la producción de biogás y a los equipos que utilizan combustibles gaseosos como el biogás. La siguiente tabla describe algunas de las normas más relevantes.

Tabla 3.17 Normas y estándares de carácter general que aplican a generación, almacenamiento y uso de biogás

Norma	Descripción
ISO 20675:2018 International Organization for Standardization (ISO)	Producción, acondicionamiento, actualización y utilización de biogás. El estándar ISO 20675:2018 define términos y describe clasificaciones relacionadas con la producción de biogás por digestión anaeróbica, gasificación de biomasa y energía a gas de fuentes de biomasa, acondicionamiento de biogás, mejora de biogás y utilización de biogás desde una perspectiva de seguridad, medio ambiente, rendimiento y funcionalidad, durante el diseño, fabricación, instalación, construcción, pruebas, puesta en marcha, aceptación, operación, inspección periódica y fases de mantenimiento. ISO 20675: 2018 describe también lo siguiente: - Los parámetros para determinar el tamaño (por ejemplo, pequeña, mediana o gran escala) - Los parámetros para determinar el tipo de instalación (por ejemplo, doméstico, industrial) - Los parámetros para describir el tipo de técnica. - Términos y procesos para desarrollar pautas de salud, seguridad y protección ambiental para instalaciones de biogás. Ver enlace
ISO/AWI 22580 International Organization for Standardization (ISO)	Antorchas para la combustión de biogás. Estándar en desarrollo. Ver enlace
ANSI/CSA-B149.6-15 American National Standards Institute (ANSI). CSA Group (CSA)	Código para gas de digestión, gas de vertedero y generación y utilización de biogás. Esta es la primera edición del código binacional ANSI/CSA, para gas de digestión, gas de vertedero y generación y utilización de biogás. Este Código reemplaza el CSA B149.6-11, Código para Instalaciones de Gas de Digestión y Gas de Vertedero. El código para las instalaciones de gas de digestión y vertedero se aplica a la operación y mantenimiento de los sistemas de gas de digestión y de vertedero en relación con la producción, manejo, almacenamiento y utilización de estos gases en plantas de tratamiento de aguas residuales y

	vertederos recién construidos. El Código también se aplica a las adiciones y actualizaciones de los sistemas existentes. Ver enlace .
UNE-EN ISO 11734:1999 AENOR International Organization for Standardization (ISO)	Calidad del agua. Evaluación de la biodegradabilidad anaerobia "final" de los compuestos orgánicos con lodos en digestión. Método por medida de la producción de biogás. Con base en la norma ISO 11734:1995. Ver enlace .

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.3.2.2 Normas, estándares y certificaciones para equipos de uso y consumo de biogás

Existen una serie de normas y estándares asociadas a la seguridad y calidad de equipos que utilizan combustibles gaseosos como el biogás. En la siguiente tabla se describen aquellos que aplican para los distintos tipos de equipos que utilizan biogás para su funcionamiento.

Estándares internacionales

Se destacan los siguientes códigos y estándares internacionales de carácter técnico, que aplican a equipos que utilizan combustibles gaseosos.

Tabla 3.18 Estándares técnicos internacionales y certificaciones que aplican a equipos que utilizan combustibles gaseosos

Norma	Descripción
ISO 12100:2010	Seguridad de la maquinaria - Principios generales para el diseño - Evaluación de riesgos y reducción de riesgos. ISO 12100: 2010 especifica terminología básica, principios y una metodología para lograr la seguridad en el diseño de maquinaria. Especifica principios de evaluación de riesgos y reducción de riesgos para ayudar a los diseñadores a lograr este objetivo. Estos principios se basan en el conocimiento y la experiencia del diseño, uso, incidentes, accidentes y riesgos asociados con la maquinaria. Los procedimientos se describen para identificar los peligros y estimar y evaluar los riesgos durante las fases relevantes del ciclo de vida de la máquina, y para la eliminación de peligros o la reducción de riesgos suficientes. Se brinda orientación sobre la documentación y verificación del proceso de evaluación de riesgos y reducción de riesgos. Ver enlace
ISO 13857:2008	Seguridad de la maquinaria: distancias de seguridad para evitar que las zonas peligrosas sean alcanzadas por las extremidades superiores e inferiores. ISO 13857: 2007 establece valores de distancias de seguridad en entornos industriales y no industriales para evitar que se alcancen zonas peligrosas de maquinaria. Las distancias de seguridad son apropiadas para las estructuras de protección. También brinda información sobre las distancias para impedir el libre acceso de las extremidades inferiores. Ver enlace .
ISO 8528-1:2018	Generadores alternos impulsados por motor de combustión interna.

	<p>ISO 8528-1:2018 define varias clasificaciones para la aplicación, clasificación y rendimiento de grupos electrógenos que constan de un motor de combustión interna (RIC), un generador de corriente alterna (a.c.) y cualquier equipo de control asociado y equipo auxiliar.</p> <p>ISO 8528-1:2018 se aplica a grupos electrógenos accionados por motores RIC para uso terrestre y marino, excluidos los grupos electrógenos utilizados en aeronaves o para propulsar vehículos terrestres y locomotoras.</p> <p>Ver enlace.</p>
ISO/IEC 80079-34:2011	<p>Atmósferas explosivas - Parte 34: Aplicación de sistemas de calidad para la fabricación de equipos.</p> <p>ISO/IEC 80079-34:2011 especifica los requisitos e información específicos para establecer y mantener un sistema de calidad para fabricar equipos Ex, incluidos los sistemas de protección de acuerdo con el certificado Ex. No excluye el uso de otros sistemas de calidad que sean compatibles con los objetivos de ISO 9001: 2008 y que proporcionen resultados equivalentes.</p> <p>Ver enlace.</p>
IECEX System International Electrotechnical Commission (IEC)	<p>Estándar IEC</p> <p>El sistema IECEX se basa en el uso de estándares internacionales, como los estándares IEC. Estos Estándares están dedicados a los campos altamente especializados asociados con el uso de equipos, denominados equipos Ex, e instalaciones en áreas donde puede existir un potencial de incendio o explosión. Ver enlace.</p>
IEC 60079:2014	<p>Atmósferas explosivas - Parte 1: Protección del equipo mediante cajas "d" a prueba de llamas.</p> <p>La norma IEC 60079-1: 2014 contiene requisitos específicos para la construcción y prueba de equipos eléctricos con el tipo de protección, gabinete antideflagrante "d", destinados para uso en atmósferas explosivas de gases.</p> <p>Ver enlace.</p>
IEC 60034-18-1:2010	<p>Máquinas eléctricas rotativas - Parte 18-1: Evaluación funcional de sistemas de aislamiento - Directrices generales.</p> <p>La norma IEC 60034-18-1: 2010 trata los lineamientos generales para la evaluación funcional de sistemas de aislamiento eléctrico, utilizados o propuestos para ser utilizados en máquinas eléctricas rotativas dentro del alcance de IEC 60034-1, para calificarlos.</p> <p>Ver enlace.</p>
StandardsMark™ certification SAI Global	<p>La certificación de StandardsMark™ es ofrecida por SAI Global para una gran cantidad de productos de gas, donde el fabricante desea que estos productos sean certificados bajo un esquema de certificación "System 5". Ejemplos de productos de gas que SAI Global puede certificar bajo el esquema StandardsMark incluyen, electrodomésticos de cocina a gas, calentadores de agua a gas, calentadores de gas, parrillas de gas domésticas al aire libre, calentadores de piscina de gas, entre otros.</p> <p>Ver enlace.</p>
Gas Safety Certification Scheme SAI Global	<p>Certificación de seguridad del gas ofrecido por SAI Global para electrodomésticos y componentes de gas. Es un esquema de certificación de Sistema 2/3 donde se confirma el cumplimiento de la norma pertinente a través de pruebas y revisiones independientes de los informes de prueba. El cumplimiento continuo del producto certificado se demuestra a través de una evaluación anual del producto.</p> <p>El esquema de gas de SAI Global incorpora:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Electrodomésticos de gas tipo A (hasta 500MJ / h) - Equipo de catering comercial - Aparatos industriales (generalmente aparatos de hasta 500MJ / h como máximo)

	- Componentes, Otros Ver enlace .
ISO 19372:2015	Aplicaciones de microturbinas – Seguridad. ISO 19372: 2015 cubre los requisitos de seguridad para ensambles de generador de motor estacionario automatizado industrial, comercial y residencial de microturbina estacionaria (micro turbina de gas). Ver enlace .
DIN 6280	Norma para motores de combustión interna; grupos electrógenos con motores de combustión interna recíprocante; valores límite para el comportamiento operativo del motor, el generador y el grupo generador. Ver enlace .

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Normas y estándares en Europa

A nivel europeo se destacan las siguientes normas, estándares técnicos y certificaciones aplicados a equipos.

Tabla 3.19 Normas, estándares técnicos y certificaciones en Europa que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás

Norma	Descripción
DIRECTIVA 2009/142/EC	Sobre los aparatos de gas. Los Estados miembros adoptarán todas las disposiciones oportunas para que los aparatos sólo puedan ser comercializados y utilizados cuando, en condiciones normales de funcionamiento, no pongan en peligro la seguridad de las personas, de los animales domésticos ni de los bienes. Ver enlace .
DIRECTIVA 2000/14/CE	Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE). Requisitos sobre el ruido emitido por las máquinas de uso al aire libre, a fin de prevenir los obstáculos a la libre circulación de dichas máquinas. La reducción de los niveles acústicos aceptables para las máquinas de uso al aire libre protegerá la salud y el bienestar de los ciudadanos, así como el medio ambiente. Ver enlace .
DIRECTIVA 97/68/CE	Emisión de Gases y Partículas contaminantes (modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE). Medidas contra la emisión de gases y partículas contaminantes procedentes de los motores de combustión interna que se instalen en las máquinas. Ver enlace .
DIRECTIVA 2014/34/UE	Armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas. Se aplica a los siguientes productos: a) los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas; b) los dispositivos de seguridad, control y reglaje destinados a utilizarse fuera de atmósferas potencialmente explosivas pero que son necesarios o que contribuyen al funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección en relación con los riesgos de explosión; c) los componentes destinados a ser incorporados en los aparatos y sistemas de protección mencionados en la letra a). Ver enlace .

<p>DIRECTIVA 2014/35/UE</p>	<p>Material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. El objetivo de la presente Directiva es asegurar que el material eléctrico comercializado cumpla los requisitos que proporcionan un elevado nivel de protección de la salud y la seguridad de las personas, y de los animales domésticos y de los bienes, y garantizar al mismo tiempo el funcionamiento del mercado interior.</p> <p>La presente Directiva se aplicará al material eléctrico destinado a utilizarse con una tensión nominal comprendida entre 50 y 1 000 V en corriente alterna y entre 75 y 1 500 V en corriente continua, con la excepción de los materiales y fenómenos mencionados a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material eléctrico destinado a utilizarse en una atmósfera explosiva. • Material eléctrico para radiología y para usos médicos. • Partes eléctricas de los ascensores y montacargas. • Contadores eléctricos. • Tomas de corriente (enchufes y clavijas) para uso doméstico. • Controladores de cercas eléctricas. • Interferencias radioeléctricas. • Material eléctrico especializado, destinado a utilizarse en buques, aeronaves y ferrocarriles, que se ajuste a las disposiciones de seguridad establecidas por organismos internacionales de los que formen parte los Estados miembros. • Kits de evaluación, fabricados por encargo, destinados a ser usados por profesionales exclusivamente en instalaciones de investigación y desarrollo para dichos fines. <p>Ver enlace.</p>
<p>DIRECTIVA 2006/42/CE</p>	<p>Relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE. Se aplica a los siguientes productos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) las máquinas; b) los equipos intercambiables; c) los componentes de seguridad; d) los accesorios de elevación; e) las cadenas, cables y cinchas; f) los dispositivos amovibles de transmisión mecánica; g) las cuasi máquinas. <p>Ver enlace.</p>
<p>DIRECTIVA 2006/42/EC</p>	<p>Guía para la Aplicación de la Directiva 2006/42/EC. Ver enlace.</p>
<p>DIRECTIVA 2014/30/UE</p>	<p>Regula la compatibilidad electromagnética de los equipos. Busca garantizar el funcionamiento del mercado interior exigiendo que los equipos cumplan un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética. Ver enlace.</p>
<p>DIRECTIVA 2004/40/CE</p>	<p>Disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos). Ver enlace.</p>
<p>ATEX 100</p>	<p>Directiva de Aparatos y Sistemas de Protección contra Atmosferas Explosivas. Establece los requisitos esenciales de seguridad para equipos y sistemas, los diferentes módulos de calidad y los sistemas de certificación "CE". Es un RD básicamente de exigencias para los fabricantes de equipos y sistemas de protección para uso en Atmósferas Explosivas, estableciendo una clasificación de equipos en grupos y categorías. Es aplicable a todo tipo de equipos capaces de ser fuente de ignición (p. ej. Equipos mecánicos etc.) Ver documentación en el siguiente enlace.</p>

UNE-EN 30-1-1:2009+A3:2013	<p>Aparatos domésticos de cocción que utilizan combustibles gaseosos. Esta norma europea tiene como fin definir las características de construcción y de funcionamiento, así como los requisitos y métodos de ensayo para la seguridad y el marcado de los aparatos de cocción, aislados y encastrados para uso doméstico que utilizan combustibles gaseosos, según categorías especificadas en la norma.</p> <p>Aplica a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - encimeras - cocinas de sobremesa - hornos independientes - gratinadores - cocinas independientes - cocinas para encastrar - entre otros <p>Ver enlace.</p>
UNE-EN 60335-1:2012	<p>Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad.</p> <p>Ver enlace.</p>
UNE-EN 60204-1:2007	<p>Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas.</p> <p>Ver enlace.</p>
TA Luft	<p>TA Luft, es un reglamento que cubre los requisitos de calidad del aire, incluidas las emisiones, las exposiciones ambientales y sus métodos de control, aplicable a una serie de contaminantes de una variedad de fuentes fijas. La regulación TA Luft, basada en la "Ley Federal de Control de la Contaminación del Aire" ("Bundes-Immissionsschutzgesetz"), ha sido introducida y ejecutada por el Ministerio de Medio Ambiente alemán BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit).</p> <p>Entre otras fuentes, la regulación TA Luft cubre las emisiones de contaminantes de los motores estacionarios de combustión interna. Los requisitos de TA Luft se han aplicado ampliamente a motores estacionarios de gas y diésel no solo en Alemania, sino también en muchos otros mercados europeos.</p> <p>Ver enlace.</p>
CE Certification SAI Global	<p>Programa CE - Electrodomésticos que utilizan combustibles gaseosos sobre la Directiva 90/396/CEE certifica a fabricantes que venden sus productos a base de gas en la Unión Europea. La 'Directiva de aparatos de gas' abarca los aparatos utilizados para cocinar, calentar, producir agua caliente, refrigeración, iluminación o lavado y que tengan una temperatura normal del agua que no exceda 105 gC.</p> <p>Ver enlace.</p>

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

[Normas y estándares en Estados Unidos](#)

En Estados Unidos se destacan las siguientes normas, estándares técnicos y certificaciones aplicados a equipos

Tabla 3.20 Normas, estándares técnicos y certificaciones en Estados Unidos que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás

Norma	Descripción
NFPA 70	Código Eléctrico Nacional. El Código Eléctrico Nacional es el punto de referencia para la seguridad en el diseño eléctrico, instalación e inspección, para proteger a las personas y la propiedad de los riesgos eléctricos. Ver enlace .
NFPA 110	Estándar para sistemas de energía de emergencia y de reserva. Esta norma cubre los requisitos de rendimiento para sistemas de energía de emergencia y de reserva que proporcionan una fuente alternativa de energía eléctrica en edificios e instalaciones Ver enlace .
NFPA 37	Estándar para la instalación y Uso de Motores de Combustión estacionarios y Turbinas de Gas. Esta norma establece criterios para minimizar los riesgos de incendio relacionados con la instalación y operación de motores de combustión estacionarios y turbinas de gas estacionarias que son alimentadas por combustibles líquidos o gaseosos. Ver enlace .
EPA-420-B-16-028	Normas de emisión de gases para motores de encendido por chispa menores a 19 kW. Ver enlace .
ASME BPVC Certification Program The American Society of Mechanical Engineers	Certificación de calderas y recipientes a presión. Certificación del sistema de control de calidad de un fabricante o ensamblador de acuerdo con las secciones I, IV, VIII, X y XII del Código de calderas y recipientes (BPVC) a presión ASME (ASME Boiler and Pressure Vessel Code). El programa de certificación BPVC de ASME cumple con las normas que rigen el diseño, la fabricación, el montaje y la inspección de componentes de calderas y recipientes a presión durante la construcción. Ver enlace .
ASME CSD-1	Controles y dispositivos de seguridad para calderas de encendido automático. Las normas de este estándar cubren los requisitos para el ensamblaje, instalación, mantenimiento y operación de controles y dispositivos de seguridad en calderas operadas automáticamente que funcionan directamente con gas, petróleo, gasoil o electricidad, con una capacidad de entrada de combustible inferior a 12,500,000 Btu / hr. Ver enlace
UL Certification Appliances	UL certifica los equipos de cocina, secadoras de ropa, sistemas de calefacción y refrigeración, hornos, chimeneas, calentadores de ambiente, chimeneas y conductos de ventilación para la instalación de acuerdo con los requisitos del código de gas combustible. Ver enlace .
UL 2200	Estándar para ensambles de generadores de motores estacionarios. Ver enlace .
UL2201	Estándar para la tasa de emisión de monóxido de carbono (CO) de generadores portátiles. Ver enlace .
UL1004	Estándar para generadores eléctricos Ver enlace .

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

Normas y estándares en otros países

Se destacan las siguientes normas y estándares técnicos que aplican al uso de equipos a biogás, implementadas en otros países de interés.

Tabla 3.21 Normas, estándares técnicos y certificaciones en otros países que aplican a equipos de uso y/o consumo de biogás

Norma	Descripción
ISI (Indian Standard Institute) India	NATIONAL ELECTRICAL CODE 2011 Ver enlace .
ISI (Indian Standard Institute) India	Ver listado de estándares asociados a equipos eléctricos en el siguiente enlace .
IS/IEC 60079-28 : 2006 India	Indian Standard Atmósferas explosivas. Ver enlace .
IS 6016 : 2009 India	Electrodomésticos para quemar gas doméstico y comercial Ver listado de estándares en el siguiente enlace .
CSA (Canadian Standards Association) ANSI/CSA-B149.6-15 Canadá	Código para gas de digestión, gas de vertedero y generación y utilización de biogás. Ver enlace .
CSA (Canadian Standards Association) CAN/CSA-C22.2 NO. 60079-2:16 Canadá	Atmósferas explosivas Ver enlace .
NOM-085-SEMARNAT-1994 México	Norma Oficial Mexicana de contaminación atmosférica para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO ₂) y óxidos de nitrógeno (NO _x) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto que utilizan combustibles convencionales o sus mezclas, con el fin de proteger la calidad del aire. Ver enlace .

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

3.4 Fichas técnicas de artefactos de uso y/o consumo de biogás

A continuación, se presentan las fichas técnicas asociadas a artefactos de uso y/o consumo de biogás, las cuales corresponden a un documento que contiene, entre otras cosas, la descripción general de funcionamiento, algunas exigencias de instalación, certificaciones y normas técnicas con las que cuenta, y datos del proveedor, pero que en ningún caso corresponde a una guía de instalación y uso para condiciones particulares.

3.4.1 Ficha Técnica “Equipos de Generación Eléctrica”

3.4.1.1 Artefacto: Motores. Adaptación De Motores Diesel/Gasolina A Biogás

- Institución: Universidad EARTH.
- Producto/Modelo: Adaptación de motores para su funcionamiento con biogás.
- País de procedencia: Costa Rica.
- Combustible: Biogás o Mezcla Diesel Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Corresponde a un manual para la utilización de biogás para uso en motores de cuatro tiempos, ya sea diésel o gasolina. En el caso del motor a gasolina, la adaptación permite que este pueda funcionar en un 100% con biogás, mientras que en el caso del motor diésel, luego de la adaptación, su funcionamiento es dual (diésel-biogás).

Esta es una opción energética de bajo costo, apta para zonas rurales, para generar energía eléctrica a partir de biogás, obtenido como producto de la fermentación de desechos orgánicos (digestión anaeróbica).

La metodología para la adaptación del motor de gasolina consiste en la elaboración de una pieza que permita la introducción de una mezcla de biogás-aire al cilindro del motor, utilizando materiales de PVC de bajo costo y accesibles.

La metodología para la adaptación del motor diésel de cuatro tiempos al uso de combustible mixto (diésel-biogás-aire) fue similar a la utilizada en el motor de gasolina de cuatro tiempos.

Especificaciones técnicas disponible en:
<http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000091.pdf>

Potencia: 3,7 kW (motor marca Honda de 5 HP).

Consumo de combustible:

- 0,55 m³/h (Motor a gasolina convertido a biogás)
- En caso de motor diésel el biogás puede sustituir entre un 64 a 74 % del consumo de diésel.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

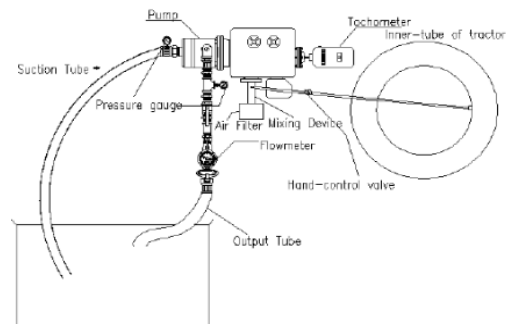
S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Se debe considerar el costo de un motor de segunda mano y los materiales para la conversión.

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Julio Enrique Orozco; Favio Carmona; Raúl Botero; Carlos Hernández. Universidad EARTH. San José, Costa Rica. Tel: 506 - 713 0000.

- Institución: Ain Shams University.
- Producto/Modelo: Motor modificado para funcionar con biogás.
- País de procedencia: Egipto.
- Combustible: Biogás.

**EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO**

Método de conversión de un motor a gasolina para su funcionamiento con biogás en un 100% (encendido a gasolina). Su uso se enfoca a la alimentación de una bomba de agua para irrigación modelo Robin PKK-201.

El motor utilizado corresponde a un Robin Ey-15Dk de encendido por chispa (SI) de cuatro cilindros y cuatro tiempos refrigerado por aire.

La modificación involucra cambios en los siguientes elementos:

- Configuración de brecha de chispa
- Dispositivo de mezcla
- Sincronización de chispa
- Índice de compresión

Nº Cilindros	1	Potencia Nominal	1,9 HP / 3000 RPM
Desplazamiento	143 cc		2,2 HP / 3600 RPM
Potencia máxima	3,3 HP / 4000 RPM	Cantidad mínima requerida de metano	60 %

Consumo de combustible: Permite un ahorro de hasta 80% en el uso de gasolina. Consumo promedio de 0,5 m³/h (aproximado).

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Ain Shams University. El-Abaseya, Egipto. Tel: +20 2 24821894. Web: www.asu.edu.eg

- Fabricante/Proveedor: Rural Technology Action Group – IIT Delhi.
- Producto/Modelo: Kit de conversión para motores diésel.
- País de procedencia: India.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

El Indian Institute of Technology Delhi - IIT, en colaboración con el Dr. G.P. Govil, llevó a cabo el trabajo de conversión a biogás de motores estacionarios de pequeño tamaño (rango de 3-5 kW) utilizados ampliamente para múltiples aplicaciones rurales.

En este trabajo, se genera un manual de conversión utilizando como base un motor TATA497.

La conversión de un motor diésel en un motor de encendido por chispa equivalente requiere las siguientes modificaciones:

- Extracción del sistema de inyección de combustible (bomba de combustible y el inyector).
- Incorporación de una bujía adecuada en lugar del inyector mediante la modificación adecuada en el orificio del inyector.
- Modificación en el sistema de admisión del motor que incorpora un mecanismo adecuado para la mezcla y control del aire y el combustible, es decir, un sistema de carburador de gas.
- Readaptación del sistema de encendido.
- Modificación en la cámara de combustión/relación de compresión, etc. (en caso de que sea necesario).

Detalles técnicos del trabajo desarrollado para la conversión del motor diésel a biogás:

http://rutag.iitd.ac.in/rutag/sites/default/files/projects_files/Development%20of%20Biogas%20Conversion%20Kit%20for%20Diesel%20engine.pdf

Modelo	TATA 497	El kit de conversión fue desarrollado para convertir los motores diésel en un motor de biogás 100% en el rango de 1.5kVA a 10 kVA (Acoplado a un generador).
Nº Cilindros	4	
Cilindrada	2956 cc	
Máxima potencia	52,5 kW / 3200 RPM	El motor diésel elegido es el motor de camión Tata-407, el cual fue convertido para operación de
Máximo torque	200 Nm / 2000 RPM	
Relación de compresión	19 / 1	

Enfriamiento	Agua	biogás a velocidad constante (1500 rpm).
Consumo de combustible: S/l.		
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN		
S/l		
MANTENIMIENTO		
S/l		
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS		
S/l		
ASPECTOS ECONÓMICOS		
<p>US\$ 3.900. Esto considera el precio del motor y la conversión. Para motores distintos el costo total de conversión será variable y dependerá del costo inicial del motor y el costo de los materiales para la conversión.</p> <p>El kit completo incluye los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bujía. - Conjunto del carburador de gas con regulador. - Sensor de captación de velocidad. - Conjunto del sistema de encendido con bobina H.T. - Unidad de control electrónico. - Válvula de gas operada por diafragma (vaporizador). 		
<p>INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: RuTAG, IIT Delhi, India. S. K. Saha, Coordinator and Principal Investigator (PI). Tel: 011-26591135. E-mail: E-mail: sahaiitd@gmail.com</p>		

<ul style="list-style-type: none"> • Institución: Udayana University. • Producto/Modelo: Método de conversión desde gasolina a biogás. • País de procedencia: Indonesia. • Combustible: Biogás. 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<p>Método simple de conversión desde gasolina a biogás para un motor mono cilíndrico de cuatro tiempos. Para este propósito, el biogás debe mejorarse al nivel de cero impurezas de H₂S y cero contenidos de H₂O. Para un correcto funcionamiento del motor, el biogás obtenido del biodigestor se desulfuró mediante el uso de desechos de virutas de acero compactado y recocido del proceso de torneado.</p> <p>Permite reemplazar en un 100% el uso de gasolina.</p> <p>Durante el proceso de arranque, el biogás se deja fluir a la velocidad máxima de flujo y se reduce la velocidad hasta que el motor comience a funcionar. Para aumentar la velocidad y potencia del motor, se puede agregar GLP a la mezcla hasta un 80% de biogás y un 20% de GLP.</p>	

Consumo de combustible: S/I.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

El biogás debe comprimirse en un contenedor de gas para facilitar el proceso de mezcla con el oxígeno del aire. (El componente de carburación fue reemplazado y solo se usa una parte del mezclador del combustible).

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Department of Mechanical Engineering, Udayana University, Denpasar, Indonesia. I. WayanSurata (autor). Tel.: +62-361-703321. E-mail: waysurat@yahoo.com

- Fabricante/Proveedor: Michel Apsit.
- Producto/Modelo: Ordeñadora a biogás.
- País de procedencia: Perú.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Ordeñadora de 2 puestos que funciona con un motor a gasolina adaptado para funcionar con el biogás obtenido del proceso de digestión anaeróbica de excretas de ganado.

Esta ordeñadora de 2 puestos puede ser muy interesante para los ganaderos ya que cuentan con la materia prima para producir su propio combustible a partir de las excretas del ganado, solo les hace falta el biodigestor

Una ordeñadora representa muchas ventajas para el ganadero lechero, una de ellas es el tiempo de ordeño por vaca, o sea 10 vacas por hora.

Un equipo muy sencillo de manejar cuenta con garantía y mantenimiento y piezas de repuesto.

Se puede hallar en dos versiones:


1. Moto-generator adaptado a biogás conectado a la red y la ordeñadora con motor eléctrico.
2. Ordeñadora con motor adaptado a biogás y conectado a la red de biogás.

Consumo de combustible: 0,5 m ³ /h (Aproximado)
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN
S/I
MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Michel Apsit Diaz. Perú. Tel: 992886345. E-mail: miapsit@hotmail.com

3.4.1.2 Artefacto: Generadores

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: O.C.R.E.M • Producto/Modelo: OCREM Generator Sets • País de procedencia: Italia • Combustible: Biogás, Biogás/Diésel. 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<p>Consiste en un motor endotérmico que puede ser alimentado con biogás, gas, biodiesel y gasolina, diésel y un alternador (generalmente un generador síncrono). El alternador convierte la energía mecánica producida por el motor en energía eléctrica.</p> <p>Grupos electrógenos trifásicos o monofásicos de 3 a 2.500 kVA específicos para ser utilizados con biogás. Los motores a combustión utilizados son de diversas marcas, entre ellas IVECO-AIFO, MAN, VOLVO, SCANIA, DEUTZ, CUMMINS, etc.</p> <p>La empresa construye generadores a biogás y duales, de tamaños y especificaciones adecuadas a las necesidades del cliente</p>	
Consumo de combustible: S/I.	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	

MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: O.C.R.E.M. srl. Fossombrone, Italia. Tel: +39.0721.749.171. E-mail: info@ocremsrl.it. Web: http://www.ocrem-generatorunits.com/

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Takamoto Generator • Producto/Modelo: Takamoto Biogás • País de procedencia: Kenia • Combustible: Biogás 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<p>Generador de 3kW que funciona con biogás para producir electricidad de 220V. Puede alimentar equipos y electrodomésticos domiciliarios, así como también equipos y maquinaria industrial.</p>	
Consumo de combustible: S/I.	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
Precio: US\$2.600 (KES 266,000).	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Takamoto Biogas. Tel: +254 (0) 738 689788. E-mail: info@takamotobiogas.com. Web: http://www.takamotobiogas.com	

- Fabricante/Proveedor: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.
- Producto/Modelo: Generador de biogás AMANECER.
- País de procedencia: China.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador con un motor de un cilindro de 4 tiempos, enfriado por aire. Para diversas aplicaciones residenciales e industriales de pequeña escala.

Permite ahorros entre 30% y 70% en los costos de combustible en comparación con generadores a gasolina. Shenzhen Sunrise Econergy provee generadores eléctricos de tamaño pequeño (2 – 6,5 kW) y de tamaño grande (10 – 500 kW). Ahorran entre un 30% y 70% de costos de funcionamiento y combustible en comparación de grupos electrógenos a gasolina.

Modelos de Motores Grandes

Modelo Generador	Prime Power / Standby Power kW / kW	Frecuencia Hz	Voltaje V	RPM - Motor	Cilindrada L	Sistema Enfriamiento	Alternador Fase
LHBG10	8 / 10	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	2,24	Agua	AC 3 Fases
LHBG20	16 / 20	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	3,61	Agua	AC 3 Fases
LHBG30	24 / 30	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	4,33	Agua	AC 3 Fases
LHBG40	32 / 40	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	6,49	Agua	AC 3 Fases
LHBG50	40 / 50	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	6,49	Agua	AC 3 Fases
LHBG60	48 / 60	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	8,60	Agua	AC 3 Fases
LHBG70	56 / 70	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	12,90	Agua	AC 3 Fases
LHBG80	64 / 80	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	12,90	Agua	AC 3 Fases
LHBG90	72 / 90	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	12,90	Agua	AC 3 Fases
LHBG100	80 / 100	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	12,90	Agua	AC 3 Fases
LHBG120	96 / 120	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	25,80	Agua	AC 3 Fases

LHBG140	112 / 140	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	25,80	Agua	AC 3 Fases
LHBG160	120 / 150	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	25,80	Agua	AC 3 Fases
LHBG180	144 / 180	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	25,80	Agua	AC 3 Fases
LHBG200	160 / 200	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	25,80	Agua	AC 3 Fases
LHBG300	240 / 300	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	71,40	Agua	AC 3 Fases
LHBG400	320 / 400	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	71,40	Agua	AC 3 Fases
LHBG500	400 / 500	50 / 60	400 / 230	1500 / 1800	71,40	Agua	AC 3 Fases

Modelos de Motores Pequeños

Modelo Generador	Runnig Power kW	Peak Power kW	Frecuencia Hz	Voltaje V	Motor	Cilindrada cc	Sistema Enfriamiento	Consumo biogás m ³ /h
CC700-MG	0,6	0,7	50 / 60	230	CC154F-MG	87	Aire	0,84
CC1500-MG	1,2	1,3	50 / 60	230	CC168F-MG	163	Aire	1,46
AQL25	3,0	3,5	50 / 60	230	CC188F-MG	389	Aire	3,50
CC700-MG	Single Phase AC Synchronization with Brush					Conexión Eléctrica Alternador		
CC1500-MG	Single Phase AC Synchronization with Brush							
AQL25	Single Phase AC Synchronization with Brush							

Consumo de combustible:
Dependiendo del modelo consumen entre 0,84 m³/h y 3,5 m³/h.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Cumplen con normas CE, EMC, EPA, CARB, CSA.
CE: European Conformity
EMC: Electro Magnetic Compability
EPA: Environmental Protection Agency
CARB: California Air Resources Board
CSA: Canadian Standards

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio a partir de US\$800.

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd. Guangdong, China.
E-mail: Ver enlace. Web: <http://www.sunrise-econergy.com/>

- Fabricante/Proveedor: Bison Machinery Co. Ltd.
- Producto/Modelo: BS2500T.
- País de procedencia: China.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador		Motor BS168F	
Frecuencia Hz	50 / 60	RPM	3000 / 3600
Voltaje de salida V	220 / 380	Potencia Eje	5,5 HP
Potencia kW	2,0	Cilindrada	163 cc
Máx. potencia kW	2,2	Razón de compresión	8,5 : 1
Conexión eléctrica	AC monofásica / trifásica	Enfriamiento	Aire

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Presenta certificaciones ISO y CE
 ISO: International Standard Organization
 CE: European Conformity

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$460.

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: BISON Machinery Co. Taizhou City, Zhejiang Province, China. Ltd. Tel: +86-13989606956. E-mail: coco@bisonpower.net. Web: <https://www.bisonpower.net>

- Fabricante/Proveedor: Bison Machinery Co. Ltd.
- Producto/Modelo: BS2500U.
- País de procedencia: China.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador		Motor BS188F	
Frecuencia Hz	50 / 60	RPM	3000 / 3600
Voltaje de salida V	220 / 380	Potencia Eje	13 HP
Potencia kW	5,0	Cilindrada	389 cc
Máx. potencia kW	5,5	Razón de compresión	8,0 : 1
Conexión eléctrica	AC monofásica / trifásica	Enfriamiento	Aire

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Presenta certificaciones ISO y CE
 ISO: International Standard Organization
 CE: European Conformity

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I.

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: BISON Machinery Co. Taizhou City, Zhejiang Province, China. Ltd. Tel: +86-13989606956. E-mail: coco@bisonpower.net. Web: <https://www.bisonpower.net>

- Fabricante/Proveedor: Perfect Gas Generators Ltd.
- Producto/Modelo: Generador de biogás.
- País de procedencia: India.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador con motor de 4 tiempos y sistema electrónico de encendido.

Funciona en un 100% con biogás obtenido de la digestión anaeróbica de estiércol de vaca, paja/estiércol de aves de corral, otros).

El calor que sale del tubo de escape del generador es bajo en carbono y tiene una temperatura de entre 400-650 grados Celsius, que se puede utilizar fácilmente para fines de calentamiento indirecto.

- Rango 3 kVA a 125 kVA.
- Operación con 100 % Biogás.
- Motores adecuados para condiciones climáticas extremas.
- Bajo costos de mantenimiento (80% menos respecto a generadores diésel).
- Motores de cuatro tiempos.
- Sistema electrónico de encendido.
- Fluctuaciones mínimas en voltaje de salida.
- Calor de escape reutilizable para calentar y secar.
- Fácil y amplia disponibilidad de repuestos inclusive en áreas remotas.
- Vida útil mayor que generadores diésel.

Consumo de combustible: Entre 2 m³/h y 2,2 m³/h (aproximado).

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio generador 62 kVA US\$6.200

Pose un bajo costo de mantenimiento, hasta un 80% menos en comparación con generador diésel regular

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Perfect Gas Generators. New Delhi, India. Tel: +91-9311160471.

E-mail: perfectgasgenerators@gmail.com. Web: <http://www.perfectgasgenerators.in>

- Fabricante/Proveedor: Qualitech Engineers Inc.
- Producto/Modelo: Prakash Biogas Engine Generator.
- País de procedencia: India.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador 230 / 400 V que funciona en un 100% con biogás. Posee una tecnología de succión que ayuda a operar el motor incluso con biogás a baja presión. Ofrecen varios modelos con potencias desde 1,5 kVA hasta 62,5 kVA.

Consumo de combustible: S/I.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio US\$4200

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Qualitech Engineers. Gujarat, India. Tel: +91 – 8071 675708. Web: <http://www.qualitechengineers.com>

- Fabricante/Proveedor: Prashant Generator Co. Pvt. Ltd.
- Producto/Modelo: Chroma Ator Biogas Generator.
- País de procedencia: India
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador eléctrico con motor de 1 cilindro de 8 BHP, enfriado por aire.
La gama de productos incluye generadores y motores de consumo mixto de combustible (Gas natural – Biogás). Las unidades están disponibles desde los 3,5 kVA hasta los 35 kVA.

Modelo Generador	Apparent Power kVA	Frecuencia Hz	Voltaje V	Motor	Cilindrada cc	RPM	Sistema Enfriamiento	Alternador
3.5	3,5 kVA	50	230	LGA 240	280	3000	Aire	Clase F/H
5.0	5,0 kVA	50	230	LGA 340	338	3000	Aire	Clase F/H
8.0	8,0 kVA	50	230	AV 1.8	1817	1500	Líquido	Clase F/H
10	10 kVA	50	230	AV 1.8	1817	1500	Líquido	Clase F/H
15	15 kVA	50	230	AV 1.8	1817	1500	Líquido	Clase H
20	20 kVA	50	230 / 415	AV 1.8 LTR	1817	3000	Líquido	Clase H
25	25 kVA	50	230 / 415	AV 1.8 LTR	1817	3000	Líquido	Clase H
30	30 kVA	50	415	AV 1.8 LTR	1817	3000	Líquido	Clase H
35	35 kVA	50	415	AV 1.8 LTR	1817	3000	Líquido	Clase H

Consumo de combustible: 3,1 m³/h (Modelo 3,5 kVA)

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

Los equipos requieren un mantenimiento mínimo, el aceite, el filtro de aceite y el filtro de aire deben cambiarse una vez al año.

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio US\$2.100 (Modelo 3,5 kVA)

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Prashant Generator Co. Delhi, India. Tel: 011-43023798.
Web: <http://www.prashantgenerator.com>

- Fabricante/Proveedor: Aqualimpia Engineering e.K.
- Producto/Modelo: Generador a biogás marca AQLgenset
- País de procedencia: Alemania.
- Combustible: Biogás.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generadores eléctricos modelo AQLgenset, con motor MAN. Los generadores AQL están dotados de sistemas electrónicos de control de última generación que los hace aptos para el trabajo con biogás. La empresa Aqualimpia Engineering también fabrica y suministra el tren de calibración de biogás, válvulas de seguridad, filtros de remoción de H₂S, de reducción de condensados, enfriadores de biogás, etc.

Motores MAN

Modelo Generador	Prime Power kW	Motor	Cilindrada L	RPM	Eficiencia mecánica %	Eficiencia Térmica %	Alternador	Fases
AQL65 BC6M	65	MAN E0834 LE302	4,6	1.800	37,2	52,5	Leroy Somer	3
AQL105 BC6M	105	MAN E0836 LE202	6,9	1.800	38,6	53,7	Leroy Somer	3
AQL124 BC6M	124	MAN E2876 TE302	12,8	1.800	36,6	54	Leroy Somer	3
AQL 190 BC6M	190	MAN E2876 LE 302	12,8	1.800	38,5	50,8	Leroy Somer	3
AQL 238 BC6M	238	MAN E2676 LE212	12,4	1.800	-	-	Leroy Somer	3
AQL280 BC6M	280	MAN E2848 LE322	14,6	1.800	37,9	51,3	Leroy Somer	3
AQL361 BC6M	361	MAN E2848 LE322	21,9	1.800	38,6	52,1	Leroy Somer	3

AQL551 BC6M	551	MAN E3262 LE212	25,8	1.800	-	-	Leroy Sommer	3
----------------	-----	-----------------------	------	-------	---	---	-----------------	---

Motores Cummins u otros.

Modelo Generador	Standby Power kVA / kW	Prime Power kVA / kW	Frec. Hz	Voltaje V	Motor	Cilindrada L	RPM	Consumo o biogás m ³ /kWh	Presión de entrada biogás kPa	Sistema de enfriamiento	Alternador	Fases
AQL10	10 / 8	9 / 7	60	480	M-F10A	1,051	3.600	0,65	1 - 5,5	Agua	Stamford	3
AQL16	16 / 13	15 / 12	60	480	M-4Y	2,237	1.800	0,65	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL25	25 / 20	22 / 18	60	480	M-Isuzu 4JB1	2,771	1.800	0,64	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL25	25 / 20	22 / 18	60	480	M-4Y	2,237	1.800	0,64	1 - 5,5	Agua	Stamford	3
AQL30	30 / 24	28 / 22	60	480	M-Isuzu 4JB1T	2,771	1.800	0,62	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL33	33 / 26	30 / 24	60	480	M-4Y	2,237	3.600	0,60	1 - 5,5	Agua	Stamford	3
AQL50	50 / 40	45 / 36	60	480	4BTAA	3,9	1.800	0,58	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL66	66 / 53	60 / 48	60	480	4BTAA	3,9	1.800	0,58	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL83	83 / 66	75 / 60	60	480	6BTAA	5,9	1.800	0,58	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL99	99 / 80	90 / 72	60	480	6BTAA	5,9	1.800	0,55	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL116	116 / 92	105 / 84	60	480	6CTAA	8,3	1.800	0,58	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL132	132 / 106	120 / 96	60	480	6CTAA	8,3	1.800	0,55	1 - 5,5	Agua	Leroy Sommer	3
AQL198	198 / 158	180 / 144	60	480	M-NTAA855	14	1.800	0,58	2 - 6	Agua	Leroy Sommer	3
AQL248	248 / 198	225 / 180	60	480	M-NTAA855	14	1.800	0,55	2 - 6	Agua	Leroy Sommer	3
AQL315	315 / 252	286 / 229	60	480	M-KTAA19	19	1.800	0,53	2 - 6	Agua	Leroy Sommer	3
AQL600	600 / 481	546 / 437	60	480	M-KTAA38	37,8	1.800	0,53	100 - 300	Agua	Leroy Sommer	3
AQL825	825 / 660	750 / 600	60	480	M-KTAA50	50,3	1.800	0,53	100 - 300	Agua	Leroy Sommer	3

Consumo de combustible: S/l.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/l

MANTENIMIENTO

S/l

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/l

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/l

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Aqualimpia Engineering e.K. Uelzen, Alemania. Tel: +49 (581) 3890550. E-mail: aqua@aqualimpia.com. Web: <https://www.aqualimpia.com>
Posee representante en Chile:
 Ing. Hernán Quiróz. Pasaje Montt Salamanca 676, Rancagua. Tel: (09) 90 405 309. E-mail: chile@aqualimpia.com

- Fabricante/Proveedor: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.
- Producto/Modelo: Generador de biogás AMANECER.
- País de procedencia: China.
- Combustible: Biogás, Gas natural, GLP.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generador eléctrico con motor de 2, 4 y 6 cilindros (de 2,24L hasta 6,49L), enfriados por agua. Modelos LHBG10-50.
Potencia: A partir de 10 kW hasta 50 kW

Consumo de combustible: S/I.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Certificación: ISO 9001:2008; CE.
ISO: International Standard Organization
CE: European Conformity


ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd. LongGang District, ShenZhen City, China.

Web:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/quality-latest-biogas-generator-50-kv-60219085308.html?spm=a2700.8698675.29.46.6d7d3d52Az5TSk>

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: PV4Life GmbH • Producto/Modelo: MobilHybrid Power Trailer • País de procedencia: Alemania. • Combustible: Biogás o GLP, Híbrido. 						
Modelo	Conexión eléctrica	Frecuencia Hz	Potencia aparente kVA	Potencia mínima kVA	Potencia máxima kVA	Régimen RPM
1209	Trifásica	50	9	0	21	1500
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO						
<p>Grupo electrógeno móvil de consumo híbrido de combustible (Biogás o GLP). Desarrollado especialmente para aplicaciones de emergencia, para industria, aplicaciones militares, construcción, telecomunicación, operaciones mineras. Posee un motor híbrido, enfriado por aire y bajos niveles de ruido. Permite un ahorro en combustible diésel de un 30% y genera un 30% menos de emisiones de CO₂. Potencia: 4,5 kW - 12 kW</p>						
Consumo de combustible: S/I.						
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN						
S/I						
MANTENIMIENTO						
S/I						
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS						
S/I						
ASPECTOS ECONÓMICOS						
Un uso de 12 horas diarias permite recuperar la inversión inicial en un período de 2 años.						
<p>INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: PV4Life GmbH. Etterschlag, Germany. Tel: +49 (0) 176 569 11 835. E-Mail: info@pv4life.com. Web: http://mobilhybrid.eu</p>						

- Fabricante/Proveedor: Generarg
- Producto/Modelo: Grupo electrógeno.
- País de procedencia: Argentina
- Combustible: Biogás, Gas Natural, GLP.



Modelo (Motorización)	Potencia		Modelo (Motorización)	Potencia	
	kVA	kW		kVA	kW
MWM N 4.1G	41	33	mitsubishi GS12RPTK	830	664
MWM N 6.1G	67	53	mitsubishi GS16RPTK	1100	880
MWM N 9G	110	88	mitsubishi GS16R2PTK	1800	1440
DEUTZ TCG 2015V6	205	164	mitsubishi 12KU30A GSI	3800	3040
DEUTZ TCG 2015V8	275	220	mitsubishi 14KU30A GSI	4450	3560
MITSUBISHI GS6RPTK	416	333	mitsubishi 16KU30A GSI	5100	4080
			mitsubishi 18KU30A GSI	5750	4600

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Generarg ofrece grupos electrógenos Lic. Leroy Somer que utilizan biogás como combustible. Gozan de características electrónicas y eléctricas de calidad mundial, además cuenta con regulador de presión de entrada, silenciador y panel de control digital de maquinaria térmica y eléctrica con protección antiexplosiva.

Consumo de combustible: S/I.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Estos son fabricados y/o ensamblados por Generarg bajo normas ISO 8528, DIN 6280 e IEC 60034.
 ISO: International Standard Organization
 DIN: Deutsches Institut für Normung
 IEC: International Electrotechnical Commission

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Generarg Argentina. Tel: +54 011 4230 1267. E-mail: info@generarg.com
 Web: <http://www.generarg.com/index.php/grupos-electrogenos/gas-natural-glp-biogas#>

- Fabricante/Proveedor: Biotecsur
- Producto: Grupo Línea “Armados”
- País de procedencia: Chile
- Combustible: Biogás



Motores utilizados	Cilindrada [cc]	Potencias posibles según adaptación
NISSAN FORD MITSUBISHI	800 hasta 6000	2 [kW] hasta 30 [kW]
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO		
La línea “Armados” ofrece grupos electrógenos económicos con potencias que van desde los 2kW hasta los 30kW en base a motores convencionales de marcas conocidas (NISSAN, FORD, MITSUBISHI) que son adaptados a biogás.		
Consumo de combustible: S/I.		
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN		
S/I		
MANTENIMIENTO		
S/I		
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS		
S/I		
ASPECTOS ECONÓMICOS		
S/I		
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Biotecsur Chile. Tel: +56-962691331. E-mail: contacto@biotecsur.cl. Web: http://biotecsur.cl		

- Fabricante/Proveedor: Weifang Naipute Gas Genset Co.
- Producto/Modelo: Grupo electrógeno a biogás.
- País de procedencia: China.
- Combustible: Biogás; Gas natural; GLP



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Alta calidad y confiabilidad, puede trabajar de manera normal 15.000 horas antes de la revisión completa general (Modelos de 10 y 20 kW).

Modelo		10GFT		20GFT	30GFT
Frecuencia Hz		50	60	50	60
Potencia nominal kVA / kW		12,5 / 10		22,5 / 18	37,5 / 30
Corriente nominal A		18	33	32	49
Voltaje nominal V		400	220	400	440
Máx. consumo de gas MJ/kWh		12,3		12	11,2
Motor	Motor	NQ15D1.3		NQ25D2.5	NQ35D3.6
	N° Cilindros	3		4	
	Cilindrada L	1,5		2,5	3,5
	Relación de compresión	9,6		-	
	RPM	1500	1800	1500	1800
	Combustible	Biogás / Gas natural / LPG			
Alternador	Modelo	XN164C	XN164B	XN184F	XN184G
	Marca	MBH			
	Potencia nominal kW	13,5	11	22	30
	Protección	IP23			
	Eficiencia %	80,7	79,4	86,2	87,0
Primera reparación (horas)		15000		-	
Peso neto kg		295	295	720	-

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Fabricados siguiendo las normas de calidad ISO 9001 y CE.
 ISO: International Standard Organization
 CE: European Conformity

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I.

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Weifang Naipute Gas Genset Co., Ltd. Shandong Province, China. Tel: +86-536-2107170. Web: <http://gas-gensets.es>

- Fabricante/Proveedor: Himoina Co.
- Producto/Modelo: Grupo electrógeno Insonorizado.
- País de procedencia: Japón
- Combustible: Biogás


EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO
Modelo HGE-95 T5 BIO

Grupo electrógeno modelo HGE-95 T5 BIO. Motor TEDOM de Biogás de 4 tiempos, refrigerado por agua, con chasis de acero.

Ficha técnica disponible en:

<http://www.himoina.com/esp/generadores-electricos/336/grupo-electrogeno--92kva--insonorizado.html>

		COP	STANDBY
Potencia aparente	kVA	92	92
Potencia	kW	74	74
Régimen	RPM	1500	
Tensión Estándar	V	400 / 230	
Tensiones Disponibles	V	230 - 230 / 132 – 380 / 220 – 415 / 240	
Factor de Potencia	Cos(phi)	0,8	
Motor	Marca	TEDOM	
	Modelo	TB 90 G5V NX 86	
	Cilindrada	11,946 L	
	Refrigeración	Líquido refrigerante	
	Relación de compresión	12:1	
Alternador	Marca	STAMFORD	
	N° Polos	4	
	Grado de protección	IP23	
	Aislamiento	Clase H	

Consumo de combustible: 36,8 Nm³/h (100 % Standby).

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN
TREN DE GAS

- Máxima temperatura gas de escape: 580 °C

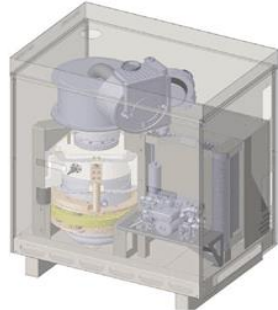
Filtro de gas

<ul style="list-style-type: none"> - Máxima contrapresión aceptable: 3,2 kPa - Diámetro exterior salida escape: 140 mm - Calor evacuado por el escape: 58 kW - Máximo caudal de aire permitido: 350 m³/h - Caudal aire ventilador del alternador: 0,514 m³/s - Diámetro de conexión de alimentación: 2 in - Presión de alimentación: 30 – 300 mbar - Composición biogás: 65% Metano / 35% CO₂ 	Válvula de doble solenoide
	Regulador de presión primario
	Regulador de presión secundario
	Presostato de baja presión
	Sistema de chequeo de electroválvula
	Manómetro de presión de entrada
	Manómetro de presión de salida
Secuencia especial Arranque / Parada	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
<p>ISO 8528-1:2005; ISO 9001; CE; 2006/42/CE Seguridad de Máquinas; 2014/30/UE de Compatibilidad Electromagnética; 2014/35/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión; 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE); 97/68/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes (modificada por 2002/88/CE y 2004/26/CE); EN 12100, EN 13857, EN 60204.</p> <p>ISO: International Standard Organization CE: European Conformity UE: Unión Europea EN: Norma Europea</p>	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
<p>INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: HIMOINSA. San Javier, Murcia, SPAIN. Tel: +34 968 191 128. Web: http://www.himoinsa.com Abastible S.A. es el distribuidor oficial de la empresa en Chile.</p>	

3.4.2 Ficha Técnica “Equipos de Cogeneración”

3.4.2.1 Artefacto: Equipos CHP

/ /

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Qenergy Inc. • Producto/Modelo: Micro CHP • País de procedencia: Estados Unidos • Combustible: Biogás, Gas natural, otros. 	
---	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas.

La unidad Micro Cogeneration (Micro CHP) de Qnergy está diseñada para proporcionar tanto calor como energía eléctrica, para aplicaciones comerciales de pequeña escala.

Utiliza el proceso termodinámico Stirling Cycle para generar electricidad a partir de prácticamente cualquier fuente de calor. La entrada de calor crea una diferencia de temperatura en el motor que hace que el helio dentro de la cámara sellada se expanda y contraiga, lo que a su vez impulsa el movimiento alternativo del pistón. El FPSE (Free Piston Stirling Engines) convierte directamente el movimiento alternativo del pistón en energía eléctrica mediante un alternador lineal.

Especificaciones técnicas disponible en:

<http://simonsgreenenergy.com.au/wp-content/uploads/2014/10/SGE-Qnergy-FA-LOWRES.pdf>

Modelo	QCHP-3500	QB-7500
Potencia Eléctrica kWe	3,5	7,5
Potencia Térmica kWt	14	30
Eficiencia Eléctrica kWe	20	20
Eficiencia Térmica kWt	83	83
Vida útil del motor h	60.000	60.000
Voltaje (Rectificado) de salida	420	420
Conexión	Trifásica 380 VAC Monofásica 220/110 VAC	Trifásica 380 VAC
Consumo Gas (máx. potencia) MMBTU/hr	0,13	0,13

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS


S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Qnergy Inc.
 Ogden, UT, USA.
 Tel: (801) 752 0100.
 E-mail: info@qnergy.com
 Web: http://simongreenenergy.com.au

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Cleanergy AB • Producto/Modelo: Cleanergy GasBox™ • País de procedencia: Suecia. • Combustible: Biogás, Gas natural, otros. 	
--	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas.

El GasBox es parte del Sistema de Combustión y Calor Combinado (CHP) System™ de Cleanergy. Es la única tecnología de CHP probada para producir tanto electricidad como calor a partir de una concentración de gas metano tan baja como del 18%, con múltiples aplicaciones desde biogás y vertederos hasta tratamiento de aguas residuales. Instalado dentro de un contenedor modular, es un dispositivo autónomo y flexible.

Motor	Stirling tipo Alfa	Vida útil	25 años
Gas de trabajo	Helio	Rango de metano permisible	40 – 100 %
Potencia eléctrica kW	2 - 9	Control de Combustión	Lambda
Potencia Térmica kW	8 - 26	Presión de ingreso requerido	50 – 300 mBar
Eficiencia Eléctrica	25%	Conexión	On – grid / Off grid
Eficiencia Total	95%		

Consumo de combustible: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS


S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Cleanergy AB, Suecia.
 Tel: + 46 532 10020.
 E-mail: chp@cleanergy.com.
 Web: www.cleanergy.com

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Hexis GmbH • Producto/Modelo: Galileo/ Galileo 1000 N • País de procedencia: Suiza • Combustible: Biogás, Gas natural. 	
---	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. Tecnología combinada de calor y electricidad (CHP) por celdas de combustible. El sistema convierte el gas natural o biogás de una manera altamente eficiente, respetuosa con el medio ambiente y silenciosa en calor y electricidad. El sistema cubre toda la demanda de calor para la calefacción y calentamiento de agua para aplicaciones de pequeña escala.

Tiene incorporada una unidad de desulfuración.

Potencia Eléctrica Nominal kWe	1
Potencia Térmica Nominal kWt	1,8
Eficiencia eléctrica	35%
Eficiencia total	95%
Combustible	Gas Natural, Biogás
Ancho X Profundidad X Altura cm	62 x 58 x 164
Peso kg	210
Espacio requerido m ³	3
Conexión eléctrica V	230 AC
Frecuencia Hz	50

Consumo de combustible: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: HEXIS GmbH. Konstanz, Deutschland. Tel: +49 7531 3631911. E-mail: info@hexis.com. Web: www.hexis.com

- Fabricante/Proveedor: Tedom A.S.
- Producto/Modelo: T30 ST Biogas Indoor Canopy/ Micro Series CHP
- País de procedencia: Republica Checa.
- Combustible: Biogás, Gas natural



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. La serie TEDOM Micro Unidades CHP son máquinas para la producción de calor y electricidad combinados a partir de la combustión de biogás. Las características básicas de la serie de unidades Micro son: alta eficiencia, diseño compacto, larga vida útil de llenado de aceite e intervalo de servicio. Debido a todas las características mencionadas, estos productos se utilizan como fuentes de energía modernas para calentar edificios pequeños en diversas aplicaciones.

Las condiciones técnicas descritas por el proveedor están dadas para biogás con una concentración de 65% de metano.

Especificaciones técnicas disponible en:

<http://www.shentongroup.co.uk/wp-content/uploads/2013/07/Micro-T30-Natural-Gas-Indoor-Canopy-Datasheet2.pdf>

Potencia Eléctrica Nominal	kW	30
Potencia Térmica Nominal	kW	61,6
Voltaje de salida	V	400
Frecuencia	Hz	50
Porcentaje mínimo de metano en combustible	%	80
Presión de entrada requerida	2 – 8	kPa
Máxima temperatura en combustible	30	°C
Peso	kg	1100
Largo mm x Ancho mm x Alto mm	1650 x 1345 x 1750	

Principales parámetros a carga parcial

Carga	50	75	100	%
Potencia eléctrica	15	22,5	30	kW
Potencia Térmica	40,5	51,0	61,6	kW
Eficiencia Eléctrica	25,6	29,1	31,2	%
Eficiencia Térmica	69,3	65,9	64,1	%
Eficiencia Total	94,9	95,0	95,3	%
Consumo de combustible	6,2	8,2	10,2	m ³ /h

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I


CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Certificaciones 90/396/EHS (Directiva de la Comunidad Europea sobre aparatos que queman combustibles gaseosos)

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Greentek Ltda. Fernando Maureira. Tel: +56 2 2699 3799. E-mail: fmaureira@greentek.cl
 Web: <http://cogeneration.tedom.com/tedom-cogeneration-unit-biogas.html>

<ul style="list-style-type: none"> Fabricante/Proveedor: 2G Energy AG. Producto/Modelo: Módulos de biogás/Filius País de procedencia: Alemania. Combustible: Biogás, Gas natural. 	
---	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. Filius es un módulo listo para conectar integrado en un contenedor High-Cube de 6,06 x 2,44 x 2,89 y equipado con componentes basados en la acreditada tecnología de 2G. Los trabajos necesarios para la instalación de este módulo son mínimos, y su transporte tampoco presenta dificultades. Filius está equipado con un motor Otto de gas industrial fabricado en serie, un armario de distribución con control SPS y panel de mando.

- Aplicaciones Típicas:
- Explotaciones agrarias pequeñas.
 - Como planta modular de cogeneración satélite con micro-red de gas.
 - Plantas de aprovechamiento de residuos.
 - Vertederos/depuradoras.
 - Explotaciones con grandes cantidades de estiércol líquido.
 - Otras aplicaciones de gas pobre.

Modelo	Potencia Eléctrica kW	Eficiencia Eléctrica %	Potencia Térmica kW	Eficiencia Térmica %
Filius 104	50	35,3	70	49,8
Filius 204	64	36,1	85	48,0
Filius R06	75	38,0	89	45,2
Filius 106	100	38,0	121	45,8
Filius 204	150	38,2	179	45,6

Consumo de combustible: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: 2G Energy AG. Heek, Germany. Tel: +49 (0) 25 68/9 3470. E-Mail: info@2-g.de. Web: <http://www.2-g.com>

- Fabricante/Proveedor: 2G Energy AG.
- Producto/Modelo: Módulos de biogás Serie 2G-KWK / Filius
- Empresa: País de procedencia: Alemania.
- Combustible: Biogás, Gas natural.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. El componente central de esta serie es un módulo de biogás listo para conectar de fácil instalación con potencias de hasta 370 kW. Está compuesto por un motor Otto de gas industrial fabricado en serie, un bastidor de perfiles de acero resistente a torsiones y un armario de distribución con control SPS y panel de mando.


APLICACIONES TÍPICAS

- Explotaciones agrarias pequeñas.
- Como planta modular de cogeneración satélite con microred de gas.
- Plantas de aprovechamiento de residuos.
- Vertederos/depuradoras.
- Explotaciones con grandes cantidades de estiércol líquido.
- Otras aplicaciones de gas pobre.

Modelo	Potencia Eléctrica kW	Eficiencia Eléctrica %	Potencia Térmica kW	Eficiencia Térmica %
2G KWK 64 BG	64	36,1	85	48,0
2G KWK 75 BG	75	38,0	89	45,2
2G KWK 100 BG	100	38,0	121	45,8
2G KWK 190 BG	190	38,7	218	44,4
2G KWK 250 BG	250	38,8	290	45,0
2G KWK 370 BG	370	38,8	431	45,2

Consumo de combustible: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN
S/I
MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: 2G Energy AG. Heek, Germany. Tel: +49 (0) 25 68/9 3470. E-Mail: info@2-g.de . Web: http://www.2-g.com

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Ingen S.A. • Producto/Modelo: Unidades Micro CHP • País de procedencia: Argentina. • Combustible: Biogás, Gas natural, otros. 	
--	---

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. Las unidades CHP también funcionan con Biogás, presentando así una solución energética para el campo, la gama de potencias hace posible acoplarnos a Biodigestores pequeños de una granja o Feedlot, hasta los de tamaño industrial que tiene como finalidad la venta de energía.

La recuperación de calor del CHP puede ser usada para mantener constante la temperatura del biodigestor. Para asegurar el correcto funcionamiento del motor, es recomendado el tratamiento del biogás con la planta de tratamiento de gas TEDOM.

Para asegurar el correcto funcionamiento del motor, es recomendado el tratamiento del biogás con la planta de tratamiento de gas TEDOM, el cual permitirá reducir el contenido de humedad del biogás.

Modelo CHP	Potencia Eléctrica kW	Potencia Térmica kW	Consumo de Combustible kW
Micro T30	25	47,5	79,1
Micro T30*	30	61	97,7

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN
S/I
MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Ingen S.A.
Tel: 5411 4234 3516.
E-mail: info@ingen.com.ar.
Web: <http://www.ingen.com.ar>

<ul style="list-style-type: none">• Fabricante/Proveedor: Yanmar Co., Ltd.• Producto/Modelo: Micro Cogeneration Packages / Yanmar CP• País de procedencia: Japón.• Combustible: Biogás.	
--	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. El paquete de cogeneración de biogás Yanmar (Biogas CP) ofrece una solución única para la generación eficiente de energía renovable y calor utilizando biogás derivado de una variedad de fuentes. Las unidades Single Biogas CP ofrecen una manera muy efectiva de utilizar biogás a partir de fuentes de salida más pequeñas, mientras que los sistemas de unidades múltiples Biogas CP se pueden usar en aplicaciones donde se encuentran disponibles mayores producciones de biogás. Este tipo de sistema de unidades múltiples es muy adecuado para aplicaciones donde la producción de biogás es variable, al controlar el número de unidades en uso cada unidad puede operarse cerca del nivel de salida nominal asegurando que se mantenga una alta eficiencia del sistema.

El Yanmar Biogas CP utiliza generación de energía asíncrona para que la unidad se pueda operar en el mejor punto de eficiencia, confiabilidad y larga vida, independientemente de la frecuencia de la fuente de alimentación externa. La conexión a redes de suministro de energía externas se realiza mediante inversores, lo que proporciona una gran flexibilidad y simplifica la conexión de la unidad.

La concentración de metano puede variar entre un 60% y un 90%.

Manual con especificaciones técnicas disponible en:

<https://www.yanmar.com/media/global/2015/catalog/cp.pdf>

Micro Cogeneration Packages CP25WE 25,0 kW Flexible Cogeneration

Potencia Eléctrica	25 kW	Potencia Térmica	38,7 kW (80-90% Metano)
Eficiencia Eléctrica	51,5 %		40,6 kW (60-70% Metano)
Frecuencia	50 Hz	Eficiencia Térmica	33,5 %
Voltaje	400 V AC	Eficiencia Total	85,0 %
Conexión Eléctrica	Trifásica	Consumo de Combustible LHV (Gas Natural)	74,6 kW

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
Cuenta con certificaciones ISO9001, ISO14001. (International Organization for Standardization)
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: En Chile: Comercial Lo Espejo. Maipú, Región Metropolitana, Chile. Tel: +56 2 2510 8100. E-mail: info@clemsa.cl. Web: http://www.clemsa.cl En Chile: Importadora Nakayama. Lampa, Región Metropolitana, Chile. Tel: +56-9-8527-2777. E-mail: contacto@importadoranakayama.cl. Web: www.importadoranakayama.cl

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Fre-Energy Ltd. • Producto/Modelo: CHP Generator / Fre-Energy • País de procedencia: Reino Unido. • Combustible: Biogás. 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<p>Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. Fre-energy ha desarrollado su propio motor de biogás de 80 kW que genera calor y electricidad combinados (Combined heat and power CHP) basado en un motor diésel Perkins estándar de seis cilindros.</p> <p>El sistema tiene el tamaño ideal para adaptarse al digester anaeróbico más pequeño que ofrece la empresa, que es un tanque de 750 metros cúbicos. Este tanque ha sido dimensionado para manejar residuos de 150 vacas lecheras.</p> <p>Cada sistema está construido sobre su propia unidad de deslizamiento, que se puede mover fácilmente. Pueden atornillarse al piso en un cobertizo o suministrarse en un contenedor acústico que contenga entre dos y cuatro motores. El motor se puede configurar para funcionar como un generador de suministro o como un generador de reserva, para proporcionar energía de respaldo durante los cortes de energía.</p>	
Consumo de combustible: S/I	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Fre-energy Ltd. Wrexham, UK.
Tel: +44(0)1829 270397.
E-mail: info@fre-energy.co.uk.
Web: <http://www.fre-energy.co.uk>

- Fabricante/Proveedor: Ener-G Combined Power Ltd.
- Producto/Modelo: Micro CHP/ Ener-G
- País de procedencia: Reino Unido.
- Combustible: Biogás, Gas natural.



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

Uso específico: Generador de energía eléctrica y térmica para aplicaciones pequeñas. La Micro-Serie es la incorporación más reciente a la cartera de productos de la empresa Ener-G, como resultado de una asociación tecnológica con el fabricante japonés Yanmar.

La oferta se centra en sistemas de energía tanto ambiental como económicamente beneficiosa para aplicaciones pequeñas y micro, en el rango de 10-25 kW. El diseño compacto puede beneficiar al sector residencial, de salud, minorista, de ocio, comercial, industrial y público, entre otros.

Modelo	Potencia Eléctrica kW	Potencia Térmica kW	Consumo combustible LHV kW
ENER-G 100B	100	94	310
ENER-G 150B	151	131	450
ENER-G 190MB	191	115	493
ENER-G 250B	254	173	657
ENER-G 310B	308	149	831
ENER-G 360B	364	245	946
ENER-G 375B	377	162	988
ENER-G 425B	430	192	1131
ENER-G 500B	505	211	1312
ENER-G 600B	598	305	1413
ENER-G 800B	798	408	1882
ENER-G 1150B	1138	489	3154
ENER-G 1950B	1954	716	4931

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN



S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: ENER-G Natural Power Limited Manchester, UK. Tel: +44 (0) 161 745 7450. E-mail: re@energ.co.uk. Web: www.energ.co.uk

3.4.2.2 Artefacto: Microturbinas

Modelo C30	Modelo C65	
		
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO		
<ul style="list-style-type: none"> Fabricante/Proveedor: Capstone Turbine Corporation. Producto/Modelo: Microturbinas C30 / C65 País de procedencia: Estados Unidos Combustible: Mixto (Biogás; Gas natural; Propano; Otros) 	<p>Uso específico: Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica de mediana escala.</p> <p>Las Microturbinas Capstone operan con variados combustibles, gas natural, biogás, GLP, diésel, keronene, entre otros. Las microturbinas cuentan con tecnología de bajo mantenimiento de cojinetes de aire, emisiones de combustión bajas y eficientes en conversión de energía.</p> <p>Se pueden instalar individualmente o en configuraciones múltiples. Son compactas, silenciosas y livianas.</p>	
Modelo	C30	C65
Potencia Nominal kW	30	65
Eficiencia Eléctrica LHV	26%	29%
Eficiencia Térmica y Mecánica Combinada	90%	90%
Voltaje VAC	400 - 480	400 – 480
Frecuencia Hz	50 / 60	50 / 60
Conexión Eléctrica	Trifásica	Trifásica

Ancho x Profundidad x Altura	0,76m x 1,5m x 1,8m	0,76m x 1,95m x 1,91m
Peso kg	405	758
Tasa de Calor Neto LHV MJ/kWh	13,8	12,4
Temperatura Gases de Escape °C	275	309
Flujo Gases de Escape kg/s	0,31	0,49
Combustible	Mixto	Mixto
Potencia nominal en condiciones ISO: 59°F; 14,696 psia; 60% HR. Los valores pueden variar según el tipo de combustible. (Especificaciones basadas en gas natural).		
Consumo de combustible: S/I		
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN		
S/I		
MANTENIMIENTO		
S/I		
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS		
Certificaciones ISO (International Organization for Standardization); ESC (Energy Solutions Center); CHP (Combined Heat and Power Partnership).		
ASPECTOS ECONÓMICOS		
Precio entre US\$1.110 y US\$3.100 por cada kW		
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: En Chile, proveedor Abastible S.A. Tel: +56 2 22569723. E-mail: rodolfo.clementi@abastible.cl Web: https://www.capstoneturbine.com		

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: NewEnCo Ltd. • Producto/Modelo: Microturbine Turbec/T100 • País de procedencia: Reino Unido • Combustible: Biogás; Gas natural 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<p>Uso específico: Microturbina para la generación de energía eléctrica y térmica de mediana escala. La turbina Turbec T100 produce electricidad y calor mediante el uso alternativo de gas natural, biogás, diese, CLP, etanol, metanol o aceite vegetal como combustible. Alcanza una eficiencia general del 80% y a plena potencia produce 100 kW de electricidad y 170 kW de calor. La microturbina Turbec T100 está disponible con gabinetes para interiores y(o) exteriores, con opciones solo para energía o versiones CHP (Combined Heat & Power).</p>	
Modelo	T100
Potencia Eléctrica Nominal kW	105

Potencia Térmica Nominal kW	167
Eficiencia Eléctrica Neta	30%
Eficiencia Neta Total	80%
Voltaje VAC	400 - 480
Frecuencia Hz	50 / 60
Conexión Eléctrica	Trifásica
Ancho x Profundidad x Altura	840mm x 2900mm x 1900m
Peso kg	2000
Flujo Gases de Escape kg/s	0,80
Combustible	Mixto
El combustible debe ingresar con una presión entre 6 a 8,5 barg (87 a 123 psia) y a una temperatura entre 0 y 60 °C (32 a 140 °F).	
Consumo de combustible: S/I	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Newenco Ltd. Cheshire, UK. Tel: +44 (0)1270 768040. E-mail: enquiries@newenco.co.uk. Web: http://www.newenco.co.uk	

3.4.3 Ficha Técnica “Equipos para la generación de calor o frío”

3.4.3.1 Artefacto: Equipos para la generación de calor

- Fabricante/Proveedor: Chongqing Haodong Technology Ltd.
- Producto/Modelo: Radiant poultry biogas heater/THD2606
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás, Gas natural, GLP, propano, butano



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Incubadora para cerdos y pollos
- Para 25 metros cuadrados y alrededor de 600 - 800 pollos
- Posee encendido manual y encendido automático
- Posee bajas emisiones: CO≤80ppm; NOx≤10ppm; CHx≤50ppm
- La tecnología catalítica hace que estas incubadoras permitan ahorrar entre un 20% - 50% de combustible
- Fabricado en acero aluminizado, placa de panel de cerámica. Posee un dispositivo de protección de ignición
- Consumo de combustible: Gas Natural 0.24 m³/h; GLP 0.18 m³/h
- Presión nominal de gas: Gas Natural 2-5 kPa; GLP 2.8-5 kPa
- Suministro de calor: 2.46 kW h
- Tamaño: 320x270x65 mm

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

La altura de instalación desde el suelo debe ser de aproximadamente 1 - 1.5 metros

MANTENIMIENTO

Vida útil: más de 11000 horas

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: entre US\$19 y US\$40 por unidad

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Chongqing Haodong Technology Co., Ltd.
 Jiguanshi Town, Nan'an District, Chongqing China.
 Tel: +86 23 62914237/62951950.
 E-mail: admin@cqhdkj.cn

- Fabricante/Proveedor: Viogaz S.A.
- Producto/Modelo: Calentador a Biogás
- País de procedencia: Costa Rica
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Para calefacción de lechones o pollos. Se pueden instalar en serie accionados por una bomba para biogás
- Los lechones requieren temperaturas entre 30 y 35 °C, pero sus madres necesitan que las mismas estén entre 15 y 21 °C. Una solución es crear microclimas, utilizando lámparas de calefacción, también conocidas como criadoras o incubadoras
- Fabricada de acero inoxidable con quemador de cerámica, anti-corrosiva y anti-obstrucción. El equipo incorpora una termocupla y una válvula solenoide. Si la llama se apaga, la termocupla se enfría, cerrando segundos después la válvula solenoide, eliminando el escape del biogás.
- Consumo de combustible: 0.15-0.3 m³/h
- Presión nominal de gas: 1.6 kPa
- Suministro de calor: S/I
- Tamaño: S/I
- La empresa Viogaz S.A., también modifica calentadores que utilizan gas propano (que se encuentran disponibles en el mercado), para que puedan funcionar con biogas. En particular, equipos calentadores que son comercializados por las empresas Gasolec (<https://www.gasolec.com>) y Space Ray (<http://www.spaceray.com>).
- Requiere que el biogás pase por un filtro para eliminar el H₂S. El biogás utilizado debe contener 1.100 ppmv de H₂S.

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$60 por unidad

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Empresa Viogaz.
Managua, Costa Rica.
Tel: +505 8631-4645.
E-mail: info@viogaz.com

<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricante/Proveedor: Instituto de Investigaciones Porcinas - IIP ● Producto/Modelo: Calentador a Biogás ● País de procedencia: Cuba ● Combustible: Biogás; propano; butano 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> ● Adaptación de una lámpara de calefacción para crías porcinas ● Consumo de combustible: 0.3 m³/h ● Presión nominal de gas: S/I ● Suministro de calor: S/I ● Tamaño: S/I ● Los detalles técnicos y las características de la adaptación se encuentran en el artículo “Conversión de un calentador para crías porcinas de gas licuado a biogás”, de la Revista Computadorizada de Producción Porcina, Volumen 18 (número 3) 2011. ● El artículo se puede descargar en: http://www.iip.co.cu/R CPP/183/183_10artRChao.pdf ● La composición del biogás corresponde a 60,0% de metano, 34,0% de dióxido de carbono, 0,2% de ácido sulfhídrico y 5.8% de otros gases. 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No 1, Punta Brava. La Habana, Cuba. E-mail: rchao@iip.co.cu	

- Fabricante/Proveedor: Takamoto Biogas
- Producto/Modelo: Brooder
- País de procedencia: Kenia
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Lámpara de calefacción para criaderos. Puede ser utilizada en criaderos de cerdos y/o pollos.
- La implementación de este tipo de lámparas para calefacción en criaderos permite mantener a las gallinas y los lechones a la temperatura adecuada mediante un calor constante.
- Una lámpara permite calentar un espacio de 1/4 de metro cuadrado, lo que equivale a unos 30 polluelos.
- Fabricado en acero inoxidable y quemador de cerámica
- Consumo de combustible: S/I
- Presión nominal de gas: S/I
- Suministro de calor: S/I
- Tamaño: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$30 por unidad

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Takamoto Biogas.

Tel: +254 (0) 738 689788.

E-mail: info@takamotobiogas.com.

Web: <http://www.takamotobiogas.com>

- Fabricante/Proveedor: EnergyMet S.A.
- Producto/Modelo: Criadoras
- País de procedencia: México
- Combustible: Biogás - GLP; Biogás – Gas natural



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Calefactor/ Incubadora para cerdos/pollos
- Las criadoras radiantes de gas son utilizadas como sistemas de calefacción en las granjas Avícolas y Porcinas
- Son sistemas de radiación de calor producto de la combustión de gas LP o gas natural
- Consumo de combustible: S/I
- Presión nominal de gas: S/I
- Suministro de calor: S/I
- Tamaño: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS


NOM-085-SEMARNAT-1994 (Norma Oficial Mexicana de contaminación atmosférica para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones)

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

EnergyMet S.A.
 San Juan Bautista, León, México.
 Tel: (477) 332 61 57.
 E-mail: info@energymet.com.mx.
 Web: www.energymet.com.mx

<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricante/Proveedor: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa – UNAS ● Producto/Modelo: Calefactor ● País de procedencia: Perú ● Combustible: Biogás (adaptado) 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> ● Método para adaptar un calefactor ● Adaptación para utilizar biogás como combustible en remplazo del GLP ● El biogás se obtiene del proceso de digestión anaeróbico de residuos agrícolas ● Se adiciona un depósito de combustible de biogás o línea desde el reactor, con válvula de servicio, un presostato (limitador de presión) mínima de 13.68mbar, la que accionara una señal eléctrica a las válvulas solenoides una normalmente abierta la del biogás (ON) y otra normalmente cerrada la del GLP (OFF) ● Consumo de combustible: 19.6 m³/h ● Presión nominal de gas: S/I ● Potencia: 117 kW ● Tamaño: S/I ● CO₂ debe estar entre 9% y 12%. 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa – UNAS. E-mail: cer-ee@unsa.edu.pe E-mail: pfloresl@unsa.edu.pe	

<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricante/Proveedor: Simons Boiler Co. ● Producto/Modelo: Absorption Chillers ● País de procedencia: Australia ● Combustible: Biogás; Gas natural 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> ● Enfriador de uso industrial (Enfriador de absorción). ● Produce agua fría para diversas aplicaciones que requieren enfriamiento ● Se compone de un generador, condensador, evaporador y absorbedor ● Un enfriador de absorción es un refrigerador que usa una fuente de calor (por ejemplo, un sistema de cogeneración, solar, gas natural, biogás) ● Estos enfriadores son una alternativa a los refrigeradores de compresores regulares ● Consumo de combustible: S/I ● Presión nominal de gas: S/I ● Potencia: 100 kW ● Tamaño: S/I 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Simons Boiler Co. Sidney, Australia. Tel: +61 2 8338 8660. E-mail: info@simonsboiler.com.au	

- Fabricante/Proveedor: SimGas B.V.
- Producto/Modelo: Biogas Milk Chilling
- País de procedencia: Holanda
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Enfriador para uso en lecherías
- Funciona con cualquier tipo de digester anaeróbico doméstico
- Permite enfriar desde 35°C a 7°C en 4 horas (7 veces más rápido que un refrigerador doméstico)
- Capacidad de enfriamiento: 2.5 y 10 litros
- Consumo de combustible: S/I
- Presión nominal de gas: S/I
- Potencia: S/I
- Tamaño: S/I
- Actualmente está siendo utilizado en el este de África mediante la implementación de proyectos piloto. Aún no se encuentra disponible a nivel comercial

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

SimGas B.V.
 The Hague, The Netherlands.
 Tel: +31 (0)6 8471 0108.
 E-mail: info@simgas.org

3.4.4 Ficha Técnica “Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor”

3.4.4.1 Artefacto: Calentador de agua para uso industrial

- Fabricante/Proveedor: Sellers Manufacturing Co.
- Producto/Modelo: Two pass water heater
- País de procedencia: Estados Unidos
- Combustible: Biogás, Gas natural, Propano



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Calentador de agua para uso industrial
- Disponible tanto para calentamiento de agua como generación de vapor a baja y alta presión
- Posee encendido por inmersión y un diseño compacto de dos pasos
- El diseño del tubo de fuego de dos inmersiones entrega aire y gas premezclados a través de múltiples boquillas de quemador
- Eficiencia de hasta un 85%
- El diseño de dos pasos captura el calor de los gases de combustión adicional después de calentar la superficie primaria
- Calentamiento completo en 14 minutos
- Acceso interior completo para inspección en 15 minutos
- Sin controles complejos que requieren un entrenamiento intensivo
- Menos partes móviles lo que reduce la incidencia de fallas y requiere menos ajustes
- Bajos niveles de emisiones de NOx y CO. Menos de 30ppm NOx Menos de 50ppm CO
- Consumo de combustible: S/I
- Potencia nominal: 15-90 kW
- Presión nominal de gas: S/I
- Temperatura de salida del agua: S/I
- Tamaño superficial: 25 ft² ó 7.62 m²

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

Según fabricante, fácil y bajo costo de mantenimiento, alta vida útil. No posee refractarios.

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

ASME "H" Stamp (American Society of Mechanical Engineers), UL (Underwriters Laboratories)


ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Sellers Manufacturing Company, Danville, Kentucky - USA. Tel: 859-236-3181. E-mail: sales@sellersmfg.com

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Gole Co., Ltd. • Producto/Modelo: Biogas hot water boiler/ CLHS • País de procedencia: China • Combustible: Biogás, Gas Natural, GLP 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> • Calentador de agua para uso industrial, tipo vertical • Posee un sistema de combustión con quemador automático, con protección contra llamas, protección contra agua y protección contra altas temperaturas • Se alimenta con biogás obtenido de reacciones de fermentación de estiércol animal y otros desechos de la industria agrícola • Consumo de combustible: S/I • Energía o Trabajo nominal: 11- 700 kW h • Presión nominal de gas: S/I • Temperatura de salida del agua: entre 30°C y 90°C • Tamaño: S/I 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
Precio: US\$1.000 – US\$8.000	
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:	
Henan Province Import & Export Co., Ltd. China	

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Thermigas Co. • Producto/Modelo: Hot water tank • País de procedencia: Francia • Combustible: Biogás 	
---	---

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Calentador de agua para uso industrial, tipo vertical, compatible con biogás • Con estanque de agua caliente para 6 bar de presión • Ahorro de energía de hasta 30% • Reducción de las emisiones de CO2 • Eficiencia desde 95% • Tanque soldado con plasma • Maneja eficientemente grandes variaciones de volumen (llenado matutino, lavado final de producción) • Inicio programable • Circuito de agua corto, menor pérdida de energía • Consumo de combustible: S/I • Potencia nominal: 40-1500 kW • Presión nominal de gas: S/I • Temperatura de salida del agua: menor a 70°C • Tamaño: S/I
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN
S/I
MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:
Thermigas Co. Lamballe, Francia. Tel: +33 (0)2.96.31.30.40. E-mail: contact@thermigas.com

3.4.4.2 Artefacto: Caldera para generar vapor de baja presión

/ /

- Fabricante/Proveedor: Columbia Boiler Company
- Producto/Modelo: Boilers / MPH Series
- País de procedencia: Estados Unidos
- Combustible: Metano/Biogás; Gas Natural; GLP, Fuel oil #2, Combustible Dual



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Caldera industrial para generar vapor de baja presión, horizontal, de paso múltiple
- El diseño de tres pasos de la caldera MPH es una buena opción ante los costos crecientes que experimentan los combustibles fósiles
- Esta caldera alcanza un 83% más de eficiencia del combustible haciendo circular los gases de combustión a través de la caldera 3 veces
- Consumo de combustible: S/I
- Potencia nominal: 5-150 Hp
- Presión del vapor: 15 psi (ó 30 psi de agua)
- Tamaño: S/I
- Una lista completa de las características y otras especificaciones técnicas de la caldera MPH se pueden descargar en:
<http://www.columbiaboiler.com/docs/models/mphseries/19MPHSpecSheet2013.pdf>

MPH SPECIFICATIONS AND DATA - 15 PSI STEAM / 30 PSI WATER														
MODEL NO.	MPH-5	MPH-10	MPH-15	MPH-20	MPH-30	MPH-40	MPH-50	MPH-60	MPH-70	MPH-80	MPH-90	MPH-100	MPH-125	MPH-150
Horsepower	5	9.5	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150
Gas Input (BTU/hour)	210,000	399,000	630,000	840,000	1,260,000	1,680,000	2,100,000	2,520,000	2,940,000	3,360,000	3,780,000	4,200,000	5,250,000	6,300,000
Oil Input (Gals./hour)	1.5	2.85	4.5	6	9	12	15	18	21	24	27	30	38	46
Gross Output (BTU/hour)	172,200	331,170	516,600	688,800	1,033,200	1,377,600	1,722,000	2,066,400	2,410,800	2,755,200	3,099,600	3,444,000	4,305,000	5,166,000
Gross Output Steam (Lbs./hour)	173	320	518	690	1,035	1,380	1,725	2,070	2,415	2,760	3,105	3,450	4,312	5,174
Heating Surface - Sq. Ft. - Pipe	29.3	45.6	61.3	88.5	120.6	159.0	205.4	255.0	299.9	341.7	389.9	439.9	590.0	590.0
Heating Surface - Sq. Ft. - Tube	N/A	N/A	N/A	78.5	105.7	138.8	178.4	221.0	260.0	295.8	379.4	379.4	508.0	508.0
Furnace Volume - Cu. Ft.	1.6	1.9	2.5	4.1	5.6	7.5	9.3	13.4	15.3	15.3	15.3	15.3	20.9	20.9
Water Capacity Steam - Gal.	45	53	70	126	121	161	190	238	291	333	559	559	602	602
Steam Volume - Cu. Ft.	1.8	3	4	6.1	6.7	8.9	8.9	11.2	13.0	14.9	10.9	10.9	17.9	17.9
Water Capacity Flooded - Gal.	59	75	100	172	171	227	257	321	388	444	640	640	683	683
Qty. & Length of 2" - 13 ga. Tubes	(22) 25-1/8"	(30) 30-1/8"	(30) 40-1/8"	(42) 34-1/8"	(54) 37-1/4"	(54) 49-1/4"	(72) 49-1/4"	(72) 61-1/4"	(72) 71-1/4"	(72) 81-1/4"	(95) 81-1/4"	(95) 81-1/4"	(129) 81-1/4"	(129) 81-1/4"
Hand Hole Quantity & Size	N/A	N/A	N/A	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(3) 3x3-3/4"	(5) 3x3-3/4"
Standard Burner Electrical	115/1	115/1	115/1	115/1	115/1	115/1	230/1 †	230/1 †	230/3 †	230/3 †	230/3 †	230/3 †	230/3 †	230/3 †

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento disponible en:

<http://www.columbiaboiler.com/docs/models/mphseries/boiler-manual-mph.pdf>

Las exigencias de instalación están relacionadas con:

- La sala o espacio físico donde se instalará la caldera
- La ventilación
- El montaje del quemador
- Las conexiones del agua y del desagüe
- Las conexiones del combustible

MANTENIMIENTO

Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento disponible en:

<http://www.columbiaboiler.com/docs/models/mphseries/boiler-manual-mph.pdf>

Las recomendaciones para una correcta mantención, dependerán de la periodicidad de las mismas, existiendo:

- Una lista diaria de mantenimiento y verificación de la caldera
- Una lista semanal de mantenimiento y verificación de la caldera
- Una lista mensual de mantenimiento y verificación de la caldera
- Una lista semi-anual de mantenimiento y verificación de la caldera
- Una lista anual de mantenimiento y verificación de la caldera

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

Calderas diseñadas, inspeccionadas y certificadas en conformidad con los requisitos de la National Board of Boiler and Pressure Vessel. Cumplen con los requisitos de seguridad de ASME CSD-1 (American Society of Mechanical Engineers code for Controls and Safety Devices for automatically fired boilers)

ASPECTOS ECONÓMICOS


S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Columbia Boiler Company. Pottstown, PA, USA. Tel: 610-323-2700.
 Web: <http://www.columbiaboiler.com/mph-boilers.htm>
 E-mail: boilersales@columbiaboiler.com

3.4.5 Ficha Técnica “Equipos electrodomésticos de consumo de biogás”

3.4.5.1 Artefacto: Calentador de agua para uso doméstico “CALEFONT”

<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricante/Proveedor: Foshan Shunde Wusi Gas Appliance Co. Ltd ● Producto/Modelo: Biogas Water Heater / JSD-14A-#6107 ● País de procedencia: China ● Combustible: Biogás 	
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> ● Posee un mecanismo para controlar el flujo de agua, un sistema de estabilización del flujo de biogás y de la tensión eléctrica ● Posee un mecanismo de protección para evitar el congelamiento del agua ● Consumo de combustible: 2 m³/hr (app.) ● Potencia nominal: 12-14 kW ● Presión nominal de gas: 1.6 kPa ● Capacidad de calentamiento de agua: 6-7 litros ● Tamaño del embalaje de 6 litros, 565x370x180 mm ● Tamaño del embalaje de 7 litros, 615x370x195 mm 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
<p>Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás Se debe instalar en una pared</p>	
MANTENIMIENTO	
<p>S/I</p>	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
<p>S/I</p>	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
<p>Precio app. US\$50 - US\$60</p>	

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Foshan Shunde Wusi Gas Appliance Co. Ltd.

Guangdong, China.

Tel: (86 757) 28675439.

Web: <http://www.globalsources.com/wusi.co>

- Fabricante/Proveedor: India Green & Solar USA LLC
- Producto/Modelo: Water Heaters
- País de procedencia: India
- Combustible: Biogás; Gas natural; GLP

**EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO**

- Posee un mecanismo para controlar el flujo de agua
- Consumo de combustible: 0.4-1.2 m³/hr (app.)
- Potencia nominal: S/I
- Presión nominal de gas: S/I
- Capacidad de calentamiento de agua: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

Se debe instalar en una pared

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio app. US\$50 - US\$200

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

<https://www.indiamart.com/company/7229008/biogas-appliances.html#water-heaters>

- Fabricante/Proveedor: Zhongshan Lanneng Plastic Electrical Appliance Factory
- Producto/Modelo: Household Instant Biogas Water Heater / LN-RS06
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Activación de baja presión de agua: especial para zonas que cuentan con baja presión de agua
- Sistema de detección de llama como protección ante su apagado
- Protección contra una sobrepresión de agua
- Protección anticongelante para regiones frías
- Regulador especial para controlar el agua fría y calienteConsumo de combustible: 2 m³/hr (app.)
- Potencia nominal: 12 kW
- Presión de agua: 0.02-1.0 MPa
- Capacidad de calentamiento de agua: desde 6 litros

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás
Se debe instalar en una pared

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio app. US\$50 - US\$200

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Zhongshan Lanneng Plastic Electrical Appliance Factory. Zhongshan, Guangdong. China

- Fabricante/Proveedor: Daysow Electrical Appliance Co., Ltd.
- Producto/Modelo: Biogas Water Heater / En diferentes tamaños y capacidades
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás; Gas natural; GLP



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Posee un sistema de ahorro de energía
- Pantalla LCD
- Protección contra una sobrepresión de agua
- Posee un mecanismo de protección para evitar el congelamiento del agua
- Sistema de detección de llama como protección ante su apagado
- Consumo de combustible: 2 m³/hr (app.)
- Potencia nominal: 12-32 kW
- Presión nominal de gas: Biogás 1.3-2.0 kPa, LPG 2.8 kPa
- Capacidad de calentamiento de agua: 6-16 litros
- Capacidades/Potencia/Tamaños

Capacidad nominal (litros)	6	7	8	10	12	14	16
Potencia térmica (kW)	12	14	16	20	24	28	32
Diámetro tubería de							
Salida (mm)	90	108	108	110	110	137	137
Tamaño (mm)	440x290x 125	490x310x 145	520x310x 145	690x310x 145	630x340x 145	650x420x 185	690x400x 195
Tamaño de embalaje (mm)	530x329x 165	580x365x 180	610x365x 180	680x365x 180	720x385x 180	750x479x 230	780x450x 240


EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

Se debe instalar un desulfurizador para su uso con biogás
Se debe instalar en una pared

MANTENIMIENTO
S/I
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
S/I
ASPECTOS ECONÓMICOS
S/I
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Daysow Electrical Appliance Co., Ltd. Guangdong, China Tel: 86-758-2221486. E-mail: daysow@126.com. Web: http://www.hrmjyy.com/com/daysow/

3.4.5.2 Artefacto: Lámparas

/ /

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Viogaz S.A. • Producto: Lámpara a biogás • País de procedencia: Costa Rica • Combustible: Biogás 	 <p>Lámpara a biogás</p>
DESCRIPCIÓN GENERAL	
<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara de biogás de fácil instalación, permite reemplazar el uso de combustibles fósiles, baterías y es amigable con el medioambiente • Consumo de combustible: 0.12-0.15 m³/hr • Potencia: 60 W • Presión nominal de gas: 1.6 kPa 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Empresa Viogaz.
Managua, Costa Rica.
Tel: +505 8631-4645.
E-mail: info@viogaz.com
Web: <http://www.viogaz.com/accesorios-viogaz.html>

- Fabricante/Proveedor: Rupak Biogas Enterprises
- Producto: Biogas Lamps
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás

**DESCRIPCIÓN GENERAL**

- Para iluminación en lugares con acceso limitado a la electricidad. Modelos disponibles para interiores y exteriores
- Puede ser fabricada a medida, según las necesidades del cliente
- Consumo de combustible: 0.12-0.15 m³/hr
- Potencia: 60-100 W
- Presión nominal de gas: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS


S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Rupak Enterprises.
Delhi, India.
Tel: +917210116104.
Web: <http://www.rupakbiogas.com>

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Viogaz S.A. • Producto/Modelo: Cocina sencilla a biogás • País de procedencia: Costa Rica • Combustible: Biogás 	<p>Estufa sencilla a biogás</p> 
EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO	
<ul style="list-style-type: none"> • Cocina para cocción de uso doméstico con 1 quemador • Consumo de combustible: 0.4-0.8 m³/hr • Presión nominal de gas: 1.6 kPa • Potencia nominal: S/I 	
EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN	
S/I	
MANTENIMIENTO	
S/I	
CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS	
S/I	
ASPECTOS ECONÓMICOS	
S/I	
<p>INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Empresa Viogaz. Managua, Costa Rica. Tel: +505 8631-4645. E-mail: info@viogaz.com</p>	

- Fabricante/Proveedor: Puxin Technology Co. Ltd.
- Productos/Modelos:
Large Cooking LC/ 1
Single Burner SB
Double Burner DB
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás



LC



SB



DB

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Cocina para cocción de alimentos, en restaurant (fija) o de uso doméstico (portable)
- Presión nominal de gas: 1.6 kPa
- Consumo de combustible:
Modelo LC 20 m³/hr
Modelo SB 0.45 m³/hr
Modelo DB 0.45 m³/hr por quemador
- Potencia nominal:
Modelo LC S/I
Modelo SB 2.8 kW
Modelo DB 2.8 kW por quemador
- Eficiencia calórica:
Modelo LC S/I
Modelo SB mayor a 57%
Modelo DB mayor a 57%
- Tamaños:
Modelo LC 700x700x500 mm
Modelo SB 370x410x130 mm
Modelo DB 730x410x130 mm

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

Se deben instalar sobre una superficie

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

(Para modelo LC: CB (Certification Body), CE (Conformidad Europea)

ASPECTOS ECONÓMICOS
Precio Modelo LC US\$120- US\$1000 Precio Modelo SB US\$10- US\$30 Precio Modelo DB US\$10- US\$50
INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Puxin Technology Co. Ltd. Tel: +86-755-89323983. E-mail: JW@puxintech.com. Web: www.puxintech.com

<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante/Proveedor: Rupak Biogas Enterprises • Producto/Modelo: Biogas Stove • País de procedencia: China • Combustible: Biogás 	
--	--

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

<ul style="list-style-type: none"> • Cocina para uso doméstico con 2 quemadores. En diversas medidas. Todas fabricadas en acero inoxidable y hierro fundido • Consumo de combustible: 0.45 m³/hr • Presión nominal de gas: S/I • Potencia nominal: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS
--

ISI (Indian Standard Institute), KVIC (Khadi and Village Industries Commission)

ASPECTOS ECONÓMICOS

S/I

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR: Rupak Enterprises. Delhi, India. Tel: +917210116104. Web: http://www.rupakbiogas.com

- Fabricante/Proveedor: (B)energy GmbH
- Producto/Modelo: (B)FLAME
- País de procedencia: Alemania
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Quemadores u Hornillos para uso doméstico
- Equipado con válvula de regulación
- Dispone de tamaños de cabezales de quemador personalizados
- El sistema permite cocinar a nivel doméstico e institucional, utilizando el gas obtenido en procesos de digestión anaeróbica de desechos agrícolas
- Consumo de combustible: 0.4 m³/hr
- Presión nominal de gas: S/I
- Potencia nominal: 2.2 kW
- Solución de bajo costo para el aprovechamiento de biogás de pequeña escala, a partir de los procesos de digestión anaeróbica de desechos agrícolas

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$23 - US\$32

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

(B)FLAME Alemania.
 Tel: +49 2620 902622.
 E-mail: info@be-nrg.com.
 Web: http://www.be-nrg.com

- Fabricante/Proveedor: B-Sustain Energy Projects Ltd.
- Producto/Modelo: Biogas Stove
- País de procedencia: India
- Combustible: Biogás



EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Cocina de biogás en varios tamaños con diferentes características como cuerpo de hierro fundido
- Cocina para uso doméstico
- Consumo de combustible: 0.4 – 0.8 m³/hr
- Presión nominal de gas: S/I
- Potencia nominal: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: desde US\$ 13

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

B-sustain Energy Projects Pvt Ltd.
Tamil Nadu, India.
Tel: +91-8071801475.
Web: www.bsustain.in

- Fabricante/Proveedor: Nideco AS
- Producto/Modelo: Biogas rice Cooker
- País de procedencia: Noruega
- Combustible: Biogás



Modelo 2 litros

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Olla arrocera que utiliza biogás de fácil uso. Fabricada en acero inoxidable.
- Capacidades entre 2 litros y 20 litros
- Peso: 3.0 kg Consumo de combustible: 0.14 m³/hr
- Presión nominal de gas: S/I
- Potencia nominal: 1 kW (para 2 litros)
- Tamaño: 305 x 305 x 335 mm

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

S/I

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$ 20 - US\$ 100

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Nideco AS.
Oslo, Norway.
Tel: +47 967 57 332.
E-mail: info@nideco.no

- Fabricante/Proveedor: Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd
- Producto/Modelo: Refrigerador
- País de procedencia: China
- Combustible: Biogás; GLP



Modelo 200 litros

EQUIPAMIENTO/FUNCIONAMIENTO

- Refrigerador de biogás, para uso doméstico.
- Diversos modelos de con capacidades desde 40 litros hasta 290 litros
- Peso: 75 kg modelo 200 litros
- Consumo de combustible: 1.5 m³/hr
- Presión nominal de gas: S/I
- Potencia nominal: 1.5 kW
- Tamaño: S/I

EXIGENCIAS DE INSTALACIÓN

S/I

MANTENIMIENTO

S/I

CERTIFICACIÓN y NORMAS TÉCNICAS

CB (Certification Body), CE (Conformidad Europea), CSA (Canadian Standards Association), EMC (Electromagnetic Compatibility), EMF (Electromagnetic Field), ETL (Edison Testing Laboratories)

ASPECTOS ECONÓMICOS

Precio: US\$ 750 - US\$ 1000

INFORMACIÓN DE CONTACTO PROVEEDOR:

Shenzhen Sunrise Econergy Co., Ltd.
Guangdong, China.
Web: <http://www.sunrise-econergy.com/>

CAPÍTULO 4:

EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD TÉCNICA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

4. EVALUACIÓN DE LA APLICABILIDAD TÉCNICA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En este capítulo se describe el modelo general para la evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica de tecnologías para la generación de biogás (biodigestores anaeróbicos) y equipos para el uso y/o consumo del biogás obtenido (motores, generadores, electrodomésticos, etc.), en operaciones agropecuarias de tamaño pequeño y mediano.

El objetivo de la presente evaluación apunta a determinar las condiciones bajo las cuales un proyecto de generación y uso de biogás, obtenido a partir de residuos agropecuarios, resulta rentable. Para esto, se definen un conjunto de escenarios que describen la situación de los pequeños y medianos productores agropecuarios en términos del tamaño de sus explotaciones, considerando que las posibilidades de implementación estarán condicionadas a aspectos como disponibilidad de residuos, tipo de tecnología a implementar y tipo de uso que haga del biogás, entre otras.

Algunos de los estudios que han sido utilizados en el presente informe y que han servido como base para la definición y aplicación del modelo de evaluación técnica-económica son los siguientes⁹³:

- Biogás de residuos agropecuarios en la región de Los Ríos. Política Regional de Desarrollo Silvoagropecuario 2014 - 2018. Gobierno Regional Región de Los Ríos - INDAP. 2016.
- Evaluación preliminar de una factibilidad técnica y económica para implementar plantas de biogás en una muestra de predios de lecherías seleccionadas en las regiones de Los Ríos y Los Lagos". Instituto De Investigaciones Agropecuarias – INIA. 2016.
- Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile. Proyecto Energías Renovables No Convencionales. Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2012.
- Diseño de un instrumento de fomento para proyectos de biogas - biomasa que apunten a la asociatividad de tenedores del recurso biomásico. Ministerio de Energía - Sustentank. 2012.
- Modelos de negocio que rentabilicen aplicaciones de biogás en Chile y su fomento. Ministerio de Energía - Gamma Ingenieros S.A. 2011.
- Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros. Consultoría encargada por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. Marzo 2009.

⁹³ En el capítulo 6 se encuentra el listado completo de referencias utilizadas en el desarrollo del presente informe.

- Manual de explotación de una Pequeña Planta de Biogás. José Antonio Guardado. Marzo de 2008. Para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial - GEF y la Comisión Nacional de Energía CNE.
- Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de biogás. Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile. Comisión Nacional de Energía (CNE) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH 2007.

Además, se utiliza como input los resultados obtenidos en la aplicación de entrevistas a actores relacionados con el sector de la generación y uso de biogás en Chile, particularmente proveedores y usuarios de biodigestores que utilizan desechos agropecuarios para su funcionamiento.

Por otra parte, se han tomado como base los resultados obtenidos en los capítulos 2 y 3, del presente informe.

4.1 Variables consideradas para la evaluación técnico-económica

A continuación, se describen las variables que se han considerado para la evaluación y que afectan la aplicabilidad técnica y factibilidad económica de un proyecto de generación y uso de biogás en una explotación agropecuaria pequeña y/o mediana. Estas variables se han definido siguiendo las pautas indicadas por la literatura nacional e internacional, de manera de adaptar el modelo a las necesidades específicas que se tiene en una evaluación a nivel de perfil de proyecto.

4.1.1 Aplicabilidad técnica

Se han considerado una serie de variables que tienen un impacto relevante en la aplicabilidad técnica de tecnologías para la generación y uso del biogás en operaciones agropecuarias pequeñas y medianas. Las variables a considerar en este sentido son las siguientes:

- Nivel de electrificación
- Zona agroclimática
- Tipo de sustrato
- Nivel de recolección de purines
- Tecnología de digestión anaeróbica
- Uso del biogás

A continuación se describe cada una de las variables consideradas para la evaluación de la aplicabilidad técnica.

- **Nivel de electrificación**

Actualmente, en Chile el nivel de electrificación rural supera el 86% [49] por lo que se puede asumir que la mayor parte de los pequeños y medianos productores agropecuarios cuentan con conexión a la red eléctrica.

La variable asociada con el nivel de electrificación resulta de gran interés, ya que debido a que la electrificación del sector rural es significativamente alta, es posible reemplazar el uso de energía eléctrica de la red pública mediante el uso del biogás. Esto se toma como antecedente para la evaluación de la factibilidad técnica.

- **Zona agroclimática**

Se ha considerado para esta evaluación, la zona geográfica comprendida entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, debido a que es en esta zona donde se concentra la mayor proporción de producción agropecuaria a nivel nacional. Por ejemplo, en el caso de la producción bovina, de acuerdo con el “Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros”, encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA en 2009 [50], las regiones comprendidas entre el Maule y Los Lagos concentran más del 70% de las existencias a nivel nacional. Mientras que, en relación a su tamaño, los pequeños ganaderos a nivel nacional se concentran principalmente en las regiones del Biobío y Los Lagos.

La región en que se implementa un sistema para la generación y uso de biogás tiene un impacto directo en la evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica, debido a que la temperatura media anual es una variable de gran importancia para la configuración del sistema.

La siguiente tabla resume las temperaturas medias para las regiones de interés en esta evaluación.

Tabla 4.1 Rango de temperaturas entre las regiones de Coquimbo y Los Ríos

Región	T° media anual (°C)	T° máxima media anual (°C)	T° mínima media anual (°C)
Coquimbo	14,4	18,8	11,5
Valparaíso	14,9	18,6	12,2
Metropolitana	15,2	24,3	9,1
O'Higgins	s/í	s/í	s/í
Maule	14,2	22	8,2
Biobío	13,1	18,6	8,9
Araucanía	11,8	19,4	6,1
Los Ríos	11,4	18	6,3
Los Lagos	10,4	15,5	6,6

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Anual Medioambiente 2016 [51]

La información descrita en la tabla anterior, da cuenta que, para todas las regiones de interés, el rango de temperatura media se encuentra dentro de los mínimos esperados para la implementación de un biodigestor anaeróbico, con un tiempo de retención recomendado de 30 a 60 días. Se debe considerar que a medida que aumenta la temperatura, el tiempo de retención recomendado será cada vez menor, lo cual tiene un impacto directo en el volumen de biogás que se obtiene. En este sentido, es posible incorporar sistemas de calefacción a los biodigestores de manera que la producción de biogás se acelere.

- **Tipo de sustrato**

Se considera para la evaluación, el uso de sustratos (desechos) de las actividades agropecuarias de mayor impacto y con potencial de implementación para sistemas de producción y uso de biogás. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio “Modelos de negocio que rentabilicen aplicaciones de biogás en Chile y su fomento”, encargado por el Ministerio de Energía [53], el mayor potencial de implementación de tecnologías de biogás, para pequeños y medianos productores, se encuentra en la producción de leche, cerdos, vacunos de engorda, aves y pequeñas explotaciones agrícolas, tomando como base un modelo de producción de biogás que apunte al autoconsumo.

Esto se encuentra en línea con los resultados obtenidos en los capítulos 2 y 3, del presente informe, en donde se concluye que los sustratos con mayor aplicación para la generación de biogás en operaciones pequeñas y medianas corresponden a los siguientes:

- Purines de vacuno
- Purines de cerdo
- Excretas de aves
- Residuos de origen vegetal⁹⁴

En este caso, el modelo de producción de autoconsumo tiene aplicabilidad debido a que los pequeños productores son dueños de los sustratos (purines y desechos agrícolas). No se considera dentro de este modelo de evaluación la compra de desechos para la generación de biogás, debido a que, si bien esta posibilidad existe, no está orientada a los pequeños y medianos productores agropecuarios, sino más bien a grandes operaciones cuyo fin no es sólo el autoconsumo.

- **Nivel de recolección de purines**

En las pequeñas y medianas explotaciones agropecuarias, los purines se generan principalmente en las praderas de alimentación, los establos, salas de espera y salida (en el caso de lecherías) y salas de ordeña. Sin embargo, no es posible recuperar todos los purines que se generan en una operación, restringiéndose sólo a las áreas de manejo de

⁹⁴ Los residuos de origen vegetal y las excretas de aves sólo se consideran en el caso que sean utilizados como co-sustrato. No se evalúa la posibilidad de implementar biodigestores que utilicen residuos de aves o de origen vegetal por sí solo, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en el Capítulo 2, este tipo de instalaciones no opera a una escala pequeña.

los animales, es decir, establos y salas de ordeña/espera [50]. Se debe considerar que para los predios que utilizan sistemas de pastoreo, no es posible recuperar los purines debido al alto costo que esto significaría.

De acuerdo con el “Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros”, encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA, sólo es posible recuperar entre un 10% y un 12% de los purines generados en explotaciones lecheras. Por otra parte, según el estudio “Biogás de residuos agropecuarios en la región de Los Ríos” desarrollado por el Gobierno Regional Región de Los Ríos e INDAP, en el caso de la producción de cerdos y aves es posible recuperar aproximadamente un 40% de los purines, debido a que estos en general poseen un nivel de estabulación mayor en relación a la producción bovina [54].

- **Tecnología de digestión anaeróbica**

El costo de implementación de tecnologías tradicionales de digestión anaeróbica disminuye a medida que el tamaño de la instalación aumenta [53]. Esto quiere decir que para pequeñas explotaciones agrícolas, el costo de ciertas tecnologías resulta prohibitivo, de manera que para esta evaluación se han seleccionado sólo aquellas con éxito probado.

Así, de acuerdo con los resultados obtenidos en capítulo 2 del presente informe⁹⁵, las tecnologías de biodigestión identificadas con aplicación exitosa en las operaciones agropecuarias pequeñas y medianas, corresponden a las siguientes⁹⁶:

- **Biodigestor tipo bolsa:** Es el tipo de biodigestor más sencillo, correspondiendo a una manga de material plástico, generalmente polietileno de alta densidad (HDPE), que se entierra bajo tierra o se dispone sobre la superficie del terreno, y que se alimenta de forma semicontinua. El tiempo de retención puede variar significativamente dependiendo de la temperatura de operación, pero en general se encuentra en el rango de 30 a 60 días.
- **Biodigestor de laguna cubierta:** Consiste en una piscina de purín cubierta por una membrana o alguna cubierta flotante, la que llega hasta el límite del líquido previniendo el escape del gas acumulado a la atmósfera. Estos tipos de digestores están diseñados para funcionar a temperatura ambiental. Los tiempos de retención hidráulica para estos modelos van desde los 35 días en las zonas más cálidas a 60 días en las más frías. Son los menos costosos de instalar y operar.
- **Biodigestor de estanque de agitación completa (Complete mix reactor):** Son sistemas en que el contenido es agitado por agitación mecánica, recirculación de efluentes o recirculación del biogás. Consiste en un estanque tipo silo, donde el sustrato es mezclado y calentado. Son fabricados de concreto o acero recubierto. Por las características de mezclado y adición de calor estos modelos tienen tiempos

⁹⁵ Ver capítulo 2 del presente informe.

⁹⁶ Descripciones tomadas de Lagos Susaeta, 2013 [55].

de retención de 20 a 25 días, convirtiéndose en un modelo más eficiente, pero de mayor costo.

- **Biodigestor de flujo pistón (Plug flow)**: Son sistemas sin mezcla del contenido, el cual fluye de forma semicontinua a través de un reactor horizontal, el reactor puede ser un depósito tubular enterrado en la tierra o una trinchera cubierta revestida de hormigón. El gas y el digestato producido es empujado hacia uno de los extremos por el estiércol alimentado al reactor por el otro extremo. Generalmente operan bajo temperaturas mesofílicas y los tiempos de retención hidráulica varían entre los 20 a 30 días.

La aplicabilidad técnica de cada uno de estos tipos de biodigestores estará condicionada por la disponibilidad de sustratos, es decir, dependerá del tamaño de la operación agropecuaria.

Se debe considerar además que, debido a las temperaturas promedio que se observan en las regiones de interés, la digestión anaeróbica se dificulta, debiendo extenderse los tiempos de retención del sustrato dentro del biodigestor (30 días o más), o en algunos casos, utilizar sistemas de calentamiento externos que permitan aumentar la temperatura al interior del biodigestor. Sin embargo, estos sistemas de calentamiento son de alto costo y requieren de mantención intensiva, por lo que su aplicación no es factible en pequeñas plantas [50].

Una solución a este problema es situar el digestor bajo tierra de modo que estos queden aislados de las temperaturas más bajas. Si bien esta es una alternativa más económica que la implementación de sistemas de calentamiento, también implica costos de inversión en obras civiles para su instalación.

- **Uso del biogás**

Se consideran las tecnologías de uso y/o consumo de biogás identificadas en el capítulo 3 del presente informe⁹⁷. Estas corresponden a:

- Equipos de generación eléctrica
- Equipos de cogeneración
- Equipos para la generación de calor o frío
- Equipos para calentamiento de agua o generación de vapor a baja o alta presión
- Equipos electrodomésticos

En general, para las pequeñas y medianas operaciones agropecuarias, el uso del biogás obtenido mediante el proceso de digestión anaeróbica apuntará principalmente al autoconsumo. Esto se encuentra en línea con los resultados obtenidos en el estudio

⁹⁷ Ver capítulo 3, punto 3.1 y 3.2

“Evaluación preliminar de una factibilidad técnica y económica para implementar plantas de biogás en una muestra de predios de lecherías seleccionadas en las regiones de Los Ríos y Los Lagos”, desarrollado por el Instituto De Investigaciones Agropecuarias - INIA [56], donde, de acuerdo a entrevistas realizadas a productores pequeños y medianos, se concluye que el 100% de estos destinaría el biogás generado para la producción de electricidad, apuntando al ahorro en los consumos energéticos del predio.

A partir de lo anterior, no se considera como parte de esta evaluación la venta del biogás obtenido mediante el proceso de digestión anaeróbica o la venta de energía eléctrica a la red pública.

- **Otras variables**

Si bien la presente evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica se presenta a nivel de perfil de proyecto, lo cual implica que no serán valorizados aspectos específicos que dependen de cada proyecto en particular, sí es posible delinear en términos cualitativos, algunos aspectos relevantes de la implementación de proyectos para la generación y uso de biogás, como es el caso de la mejora en la calidad de vida de los productores agrícolas, mejora en el manejo de olores y la generación de procesos más amigables con el medio ambiente, entre otros.

4.1.2 Factibilidad económica

En relación con la factibilidad económica, las variables que considera el modelo son las siguientes:

- Costo de combustibles utilizados actualmente
- Ingresos
- Costos operacionales
- Inversión
- Acceso a financiamiento y/o subsidios

A continuación, se describe cada una de las variables considerada para la evaluación de la factibilidad económica.

- **Costo de combustibles utilizados actualmente**

En términos generales, el biogás obtenido de los procesos de digestión anaeróbica, en operaciones agrícolas pequeñas y/o medianas, puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica o en forma de calor para autoconsumo [2]. Esta última es la más sencilla de utilizar, ya que implica la combustión directa del biogás en equipos que permiten su uso, como por ejemplo en cocinas, calefactores, lámparas, etc. Por otra parte, la generación de energía eléctrica requiere la utilización de equipos como moto generadores. En ambos casos, la factibilidad económica de implementar estos sistemas, dependerá en gran medida de los costos en que actualmente incurren los productores agrícolas en combustibles y energía eléctrica.

Así, la línea base de comparación para los costos de los energéticos se determinará de acuerdo a los valores actuales de ellos, lo cual depende del tipo de uso que el productor agropecuario le da al biogás.

Si el productor utiliza el biogás para la generación de electricidad, se realiza la comparación con el costo actual de la electricidad obtenida de la red eléctrica que utiliza el agricultor. Por otra parte, si el productor utiliza el biogás para la generación de energía térmica, entonces la comparación se realiza en relación al costo actual en que incurre el agricultor en combustibles como GLP (Gas licuado de petróleo), Leña y diésel/gasolina. Para los combustibles fósiles se considerará el costo puesto en el campo, ya que en general, estos varían dependiendo de la zona geográfica en la que se encuentra la operación agropecuaria.

- **Ingresos**

La evaluación considera los ahorros en el uso de combustibles y electricidad por parte del pequeño y/o mediano agricultor, obtenidos por la implementación de un sistema de producción y uso de biogás.

Si bien para la presente evaluación no se han considerado potenciales ingresos por concepto de venta de digestato obtenido del proceso de digestión anaeróbica, o el ahorro

por la compra de abonos químicos, esta podría ser una variable a considerar en la evaluación técnico-económica de proyectos particulares.

- **Costos operacionales y mantención**

Los costos de operación de una instalación de biogás pequeña se pueden resumir en los siguientes ítems:

- Costos asociados al sustrato
- Energía utilizada por la planta
- Costo asociado al personal
- Disposición de los residuos
- Insumos de operación.

Para la presente evaluación no se consideran costos asociados al sustrato, ya que tal como se mencionó en el punto 4.1.1, “Tipo de sustrato”, no se considera la compra de purines u otros residuos agrícolas. En la evaluación sólo se toma como input para el biodigestor, los sustratos producidos por cada agricultor.

La siguiente tabla muestra los costos operacionales estimados y que son utilizados como base para la evaluación técnica - económica.

Tabla 4.2 Valores de referencia para el cálculo de los costos operacionales

Ítem	Rango	Unidad de Medida
Energía utilizada por la planta	5 - 10	En % de la energía total generada
Costo asociado al personal	400	Valor de referencia para una planta de 100 kW (hh/año)
Disposición del sustrato	Depende de cada caso	Considera principalmente los costos de transporte del sustrato dentro del predio
Insumos de operación	Depende de cada caso	Insumos generales para la operación

Fuente: Adaptado a partir de MINENERGÍA/GIZ, 2012 [2]

En relación con los costos de mantención, se ha tomado como base de cálculo la siguiente distribución.

Tabla 4.3 Valores de referencia para el cálculo de los costos de mantención en plantas de biogás de pequeña escala

Ítem	Parámetro / Indicación	Unidad de Medida
Obras civiles (%)	0,5 - 1	En % del costo total de inversión correspondiente.
Maquinarias y equipos (%)	4 - 8	En % del costo total de inversión correspondiente.
Electrotecnia y control (%)	2 - 4	En % del costo total de inversión correspondiente.

Fuente: Adaptado a partir de MINENERGÍA/GIZ, 2012 [2]

Los costos de operación y mantenimiento estarán condicionados por el tamaño de la operación y el tipo de tecnología de digestión utilizada, así como también por el tipo de equipo para el uso de biogás⁹⁸. Por esta razón, para cada escenario se describe de forma particular la base de cálculo asociada con el costo de operación y mantención.

- **Inversión**

El costo de inversión es el factor más importante para la evaluación de la factibilidad económica de un proyecto de generación y uso de biogás. Considera la inversión en el biodigestor, su instalación y el costo de los equipos dependiendo del tipo de uso para el biogás.

En términos generales, los costos de inversión de una planta de biogás pueden dividirse en tres grupos [52] [2]:

- Inversiones relacionadas con obras civiles: Corresponde a la construcción de estanques (para el caso de estanques de mezcla completa o tanques de flujo pistón horizontal), salas de máquinas, tanques de acopio/mezcla y movimientos de tierra. Generalmente representa entre un 30% y un 50% de la inversión total.
- Inversiones en equipos: Corresponde a la inversión en equipos eléctricos o para el uso del biogás (por ejemplo electrodomésticos), bombas, entre otros. Representa entre un 30% y un 45% de la inversión total.
- Inversiones en materiales e instalación del biodigestor: Corresponde a costos en materiales como membranas de polietileno de alta densidad (HDPE), tuberías, válvulas, sistemas para la purificación del biogás, materiales para aislación, entre otros. Representa entre un 10% y un 25% de la inversión total.

Otro factor importante a considerar en la evaluación de la factibilidad económica corresponde a la vida útil de los equipos y su costo de reemplazo. En términos generales, la vida útil de un biodigestor depende del tipo de tecnología que se implemente, y puede fluctuar entre 5 y más de 20 años.

En el caso de los biodigestores de laguna cubierta, la vida útil de las geomembranas es superior a los 20 años y en general, poseen garantía de 10 años por parte de los proveedores de estas [60], siendo una vida útil promedio para este tipo de instalaciones un rango entre 12 y 15 años [61]. En biodigestores tipo chino su vida útil fluctúa en un rango de 7 a 10 años [62], aunque puede alcanzar los 20 años dependiendo de la técnica de construcción y la calidad de los materiales que se utilicen [63], mientras que para biodigestores de tipo bolsa su vida útil puede alcanzar los 8 a 10 años en promedio [64] [65], pero es posible también tener una vida útil menor, lo que depende del material que se

⁹⁸ Como información de referencia se puede consultar los siguientes documentos: Grothusen y Bahamonde. Operación y Mantención de Plantas Pequeñas, en Curso de formación especializada para Profesionales de Biogás [57]. Marc Lüer. GTZ / EnDev. Installation manual for Low-Cost Polyethylene Tube Digesters [58]. Maximiliano Ortega. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA). Installation of a low cost polyethylene biodigestor [59].

utilice para su construcción [66]. En el caso de biodigestores de mezcla completa, con una correcta mantención, su vida útil es superior a los 20 años [65].

En relación con los equipos de uso de biogás, se considera una vida útil mínima de 10 años para motores, generadores y equipos de cogeneración, y una vida útil mínima de 5 años para electrodomésticos pequeños [67] [68] como cocinas, calefont y lámparas (de uso domiciliario).

- **Acceso a financiamiento y/o subsidios**

Se considera el acceso a financiamiento y/o subsidios por parte del pequeño y/o mediano agricultor para hacer frente al plan de inversiones. Específicamente para el subsidio se determinará la magnitud necesaria para al menos igualar el costo actual de los energéticos que se reemplazarían por el uso de biogás.

4.2 Estructura para la aplicación del modelo de evaluación técnico-económica

Considerando que la presente evaluación apunta a determinar las condiciones que se deben cumplir para que un proyecto de generación y uso de biogás sea rentable, en particular para operaciones agropecuarias **pequeñas y medianas**, se ha decidido considerar distintos escenarios, los cuales estarán asociados al tamaño de los predios involucrados.

Así, los escenarios propuestos son los siguientes:

- Escenario 1: Micro operaciones agropecuaria.
- Escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1.
- Escenario 3: Pequeña operación agropecuaria 2.
- Escenario 4: Mediana operación agropecuaria.

Estos escenarios están definidos según el tamaño de la explotación agropecuaria en términos del número de cabezas de animales que poseen y al tipo de uso que se le da al biogás (ver punto 4.2.4). En este sentido, se ha tomado como base el estudio “Clasificación de las Explotaciones Agrícolas del VI Censo Nacional Agropecuario según tipo de Productor y Localización Geográfica”, publicado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), del Ministerio de Agricultura [69].

De esta forma, se cubre de forma global al sector compuesto por operaciones agropecuarias pequeñas y medianas.

4.2.1 Consideraciones generales sobre los escenarios definidos

En principio, para esta evaluación se considera a los pequeños y medianos productores que realizan alguna de las siguientes actividades:

- Producción de leche
- Producción ganadera
- Producción de aves/huevos
- Producción de frutas y verduras de pequeña escala

4.2.1.1 Producción de leche

En la siguiente tabla se describen algunos datos generales sobre la producción lechera en Chile, y que se utilizan como base para la evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica son los siguientes:

Tabla 4.4 Antecedentes generales sobre la producción lechera en Chile

Antecedente	Valor	Unidad de medida
Cantidad de animales	440.000	Cabezas
Producción de leche por cada vaca	5.740	Litros por año (promedio)
Producción diaria de leche por cada vaca	15	Litros por día (promedio)
Cantidad de vacas por hectárea	0,6	Cabezas
Cantidad de productores	19.000	Productores según censo agropecuario 2007
Cantidad de productores pequeños	2.500	Productores según censo agropecuario 2007
Producción diaria de estiércol	50	Kilogramos por día (en promedio)
Generación de biogás	0,15 ⁹⁹	m3 cada vaca al día
Contenido energético	5,5	kWh/m3 de biogás

Fuente: Ingeniería Alemana S.A. - Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA, 2017 [50]; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA [70]; Ministerio de Agricultura; Superintendencia de Servicios Sanitarios; Federación Nacional de Productores de Leche [71].

4.2.1.2 Producción ganadera

Para esta evaluación se consideran las operaciones pequeñas y medianas, de producción de carne bovina, porcina y avícola. Esto se justifica por el hecho que estas 3 especies representan el 99% de la producción de carne en Chile [71].

⁹⁹ La producción de biogás por cada vaca lechera de la tabla 4.4 considera un nivel de recolección de purines de 12% aproximadamente. Por otra parte, se debe considerar que la producción de biogás teórica máxima por cada vaca, esto es sin considerar estabulación animal, es de 1,3 m3/día por cada vaca, tal como se muestra en la tabla 4.6 a continuación.

Bovinos

Una vaca con un peso promedio entre 400 y 600 kilogramos, produce entre 0,05 y 0,055 m³ de estiércol por día (para vacas de engorda y lecheras respectivamente) [52], lo que equivale a una producción diaria de biogás entre 1,1 y 1,3 m³.

En Chile, el 80% de las existencias de cabezas de ganado bovino se concentran en explotaciones agropecuarias pequeñas [73], lo cual implica que poseen extensiones de terreno entre 0,1 y 49,9 hectáreas. En este caso, los niveles de estabulación son muy bajos, lo cual impacta directamente en la cantidad de estiércol que se puede recuperar para ser utilizado como sustrato en el biodigestor. Por esta razón, la evaluación de la aplicabilidad técnica apuntará sólo a aquellas explotaciones que poseen algún nivel de estabulación al menos parcial, el que será aplicado para ponderar la producción de biogás diaria por vaca.

Porcinos

En Chile, la producción de cerdos se concentra principalmente en las regiones de O'Higgins y Metropolitana, que en conjunto abarcan el 77% de las existencias a nivel nacional. Por otra parte, el 76% de las explotaciones son medianas y grandes, mientras que el 14% de las explotaciones corresponden a pequeños productores, es decir, que poseen entre 0,1 y 49,9 hectáreas de terreno [74].

En el caso de la producción de cerdos, para esta evaluación se considera una producción de desechos que alcanza los 0,0045 m³ de estiércol/día por cada cerdo [52], lo que equivale a una producción de biogás de 0,3 m³ por día por cada animal. Por otra parte, en relación con el porcentaje de recolección de purines potencial, se considera un 40%¹⁰⁰, según estimaciones realizadas por INDAP y que toma como base un sistema de pastoreo con encierro nocturno (semi-estabulación) y estabulación permanente [54].

4.2.1.3 Producción de aves/huevos

En Chile, la producción de aves para carne se encuentra altamente concentrada. Existen 7 productores que se reparte la producción, los que corresponden a empresas grandes y que por tanto quedan fuera del ámbito del presente estudio [75]. En relación a la producción de huevos, existen en Chile unos 150 productores, de los cuales 136 poseen más de 1.000 gallinas ponedoras. En este caso, al igual que en la producción de aves para carne, el sector se encuentra dominado por empresas grandes que concentran la mayor producción a nivel nacional.

En el caso de la producción de aves para carne/huevo, se considera un valor promedio de estiércol generado por día por gallina de 0,001 m³, lo que equivale a una producción diaria de biogás de 0,008 m³ [52].

¹⁰⁰ Se considera un 40% de recolección máxima. Sin embargo, para micro y pequeñas operaciones agrícolas se ha tomado como base un menor porcentaje de recolección de purines debido a las limitaciones que se presentan en términos de mano de obra, equipamiento, etc.

Debido a los volúmenes de sustrato de aves requeridos para un biodigestor, para esta evaluación se considera la aportación de las excretas de aves sólo en procesos de co-digestión, ya que en general, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el Capítulo 2, los casos exitosos de generación y uso de biogás a partir de residuos avícolas corresponde a grandes empresas, las que poseen grandes existencias de gallinas, tanto ponedoras como broiler para carne.

4.2.1.4 Producción de frutas y verduras de pequeña escala

En el caso de la producción de frutas y verduras de pequeña escala, se considera a aquellos productores que cuentan con desechos vegetales como por ejemplo, cáscaras, frutas y verduras de descarte, restos de poda y otros desechos de la actividad agrícola. Estos desechos serán incorporados en el biodigestor en conjunto con purines de vaca, cerdo o aves, de manera que se logre una digestión más eficiente. No es foco del presente estudio la posibilidad de implementar un biodigestor que funcione en un 100% con desechos agrícolas.

4.2.2 Factores de conversión

Para la presente evaluación¹⁰¹, se considera la siguiente producción de estiércol anual por cada tipo de animal.

Tabla 4.5 Estiércol producido por tipo de animal

Tipo de animal		Estiércol Líquido (m ³ /animal)		
		Día	Mes	Año
Bovinos	Vacas de engorda	0,05	1,5	18
	Vacas de producción lechera	0,055	1,65	19,8
Porcinos	Porcino de engorda	0,0045	0,135	1,62
	Porcina	0,0045	0,135	1,62
Aves de criadero	Pollo de engorda	0,001	0,003	0,4
	Gallina	0,001	0,003	0,4

Fuente: *Elaboración propia, a partir de José Antonio Guardado, 2008 [76] y Pérez Medel, 2010 [52]*

En la siguiente tabla se muestra la producción de biogás potencial para cada tipo de animal, que se considera para la presente evaluación.

¹⁰¹ Tal como se menciona en el punto 4.1, para esta evaluación no se considera la posibilidad de implementar biodigestores que utilicen excretas de aves y/o residuos vegetales por sí solo, sino que como co-sustrato, es decir, en conjunto con purines de vaca y/o cerdo.

Tabla 4.6 Producción de biogás potencial por tipo de animal

Tipo de animal	Producción de biogás prevista (m ³ / por cada animal) ¹⁰²		
	Día	Mes	Año
Vacas de engorda	1,08	32,4	388,8
Vacas de producción lechera	1,30	39,0	468,0
Porcino de engorda	0,11	3,3	39,6
Porcina	0,31	9,4	111,6
Pollo de engorda	0,008	0,24	2,88
Gallina	0,008	0,24	2,88

Fuente: Elaboración propia a partir de partir de José Antonio Guardado, 2008 [76]; Lagos Susaeta, 2013 [55] y Pérez Medel, 2010 [52]

De acuerdo a lo anterior, se produce la siguiente equivalencia entre los distintos tipos de animales de producción.

Tabla 4.7 Equivalencias entre animales, según la cantidad de estiércol que producen

	Cantidad de animales que equivalen a 1 vaca de engorda ¹⁰³
Vacas de engorda	1
Vacas de producción lechera	0,8
Porcino de engorda	8
Porcina	3
Pollo de engorda	40
Gallina	40

Fuente: Elaboración propia a partir de partir de José Antonio Guardado, 2008 [76] y Pérez Medel, 2010 [52]

Por otra parte, los rangos de concentración de metano y otros gases dentro de biogás obtenido en procesos de biodigestión anaeróbica de desechos agrícolas, así como sus valores típicos se observan en la siguiente tabla.

¹⁰² Los datos de producción de biogás por cada animal mostrado en la tabla 4.6 corresponde al máximo teórico, considerando la recuperación del 100% de los purines.

¹⁰³ Valores redondeados al entero más cercano, con excepción de las vacas de producción lechera.

Tabla 4.8 Composición del biogás, rangos y valor típico

Gas	Rango (%)
Metano	55 - 70
Dióxido de carbono	30 - 60
Otros gases	1 - 5
Hidrógeno	0 - 1
Sulfuro de hidrógeno	0 - 3

Fuente: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA, 2009 [50]

Por último, considerando un valor calorífico promedio de 7 kWh [50] [26] por cada m3 de biogás, se obtiene la siguiente equivalencia potencial por tipo de animal.

Tabla 4.9 Producción de biogás potencial y potencial por año, por tipo de animal

Tipo de animal	Producción de biogás (m3/animal)	kWh/animal
	Año	Año
Vacas de engorda	388,8	2.722
Vacas de producción lechera	468,0	3.276
Porcino de engorda	39,6	277
Porcina	111,6	781
Pollo de engorda	2,88	20
Gallina	2,88	20

Fuente: Elaboración propia a partir de José Antonio Guardado, 2008 [76]; Lagos Susaeta, 2013 [55]; ODEPA, 2009 [50]; MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF, 2011 [26]

4.2.3 Equivalencias con otras fuentes de energía

La presente evaluación apunta a determinar la factibilidad de implementación de tecnologías para la generación y uso de biogás en operaciones agrícolas, enfocadas en el uso del biogás para autoconsumo del predio. Por esta razón, el biogás generado permitiría reemplazar el uso de electricidad de la red y combustibles fósiles, tanto para la operación del predio como a nivel residencial dentro del campo (por ejemplo mediante el uso de electrodomésticos que utilicen biogás).

En relación con otras fuentes de energía utilizadas dentro de los predios agrícolas, se tienen las siguientes equivalencias en relación al biogás.

Tabla 4.10 Equivalencia del biogás con otras fuentes de combustibles utilizadas en predios agrícolas

Fuente	Equivalencia con respecto a 1 m ³ de biogás
Gas licuado GLP	0,43 kilogramos ¹⁰⁴
Leña	0,0123 m ³
Electricidad	7 kWh ¹⁰⁵
Gasolina	0,8 Litros
Diésel	0,55 Litros

Fuente: Elaboración propia a partir de ODEPA, 2009 [50]; José Antonio Guardado, 2008 [76].

A partir de lo anterior, se toma como base de comparación, los precios promedio de las fuentes de energía utilizadas por los productores agropecuarios, tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 4.11 Precios de fuentes de energía utilizadas por los productores agropecuarios, como base para la estimación de ahorros generados a partir del uso de biogás

	Fuente de información	Precio promedio considerado para la evaluación
Gas licuado de petróleo - GLP	Portal Energía Región Gas en Línea (Comisión Nacional de Energía)	Entre \$926 y \$1.696 por kilogramo ¹⁰⁶
Electricidad	Comisión Nacional de Energía Portal Energía Abierta	\$67 /kWh
Leña	INDAP	\$25.000 por metro cúbico

Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Región [77]; Gas en Línea – CNE [78]; Comisión Nacional de Energía [79]; Portal Energía Abierta [80]

4.2.4 Descripción de escenarios

Los escenarios propuestos para esta evaluación, apuntan a la clasificación de los predios por tamaño, considerando la tenencia de animales como el factor de diferenciación. Esto se debe a que la tecnología de digestión aplicable, el tipo de uso que se le da al biogás y las fuentes de energía que utilizan actualmente los productores agropecuarios, son distintas dependiendo del tamaño de la explotación.

En la siguiente tabla se describen las características principales asociadas a cada uno de los escenarios definidos.

¹⁰⁴ 1Kg de gas licuado equivale a 14,06 kWh [56].

¹⁰⁵ Manual de Biogás, FAO [26].

¹⁰⁶ El valor varía dependiendo de la región y comuna.

Tabla 4.12 Características principales de los escenarios definidos para la evaluación de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica

Escenario	Cantidad de animales ¹⁰⁷	Tipo de Biodigestor	Tipo de uso del biogás
Escenario 1: Micro operaciones agropecuarias	Entre 1 y 10 cabezas de bovinos; ó Entre 1 y 30 porcinos ó Entre 1 y 100 gallinas	Biodigestor tipo bolsa	Electrodomésticos, Iluminación, autoconsumo
Escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1	Entre 11 y 30 cabezas de bovinos; ó Entre 31 y 90 porcinos ó Entre 101 y 300 gallinas	Biodigestor de laguna cubierta	Motor, Generador pequeño, Calefacción, Electrodomésticos, autoconsumo.
Escenario 3: Pequeña operación agropecuaria 2	Entre 31 y 100 cabezas de bovinos; ó Entre 91 y 300 porcinos ó Entre 301 y 500 gallinas	Biodigestor de laguna cubierta	Motor, Generador pequeño, Calefacción, Ordeñadoras, Criadoras, Refrigeración.
Escenario 4: Mediana operación agropecuaria	Entre 101 y 300 cabezas de bovinos; ó Entre 301 y 900 porcinos ó Entre 501 y 1.000 gallinas	Biodigestor de mezcla completa ó Biodigestor de flujo pistón horizontal	Cogeneración, Generador mediano, Calefacción, Ordeñadoras, Criadoras, Refrigeración, Caldera.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

¹⁰⁷ Se ha considerado la equivalencia en términos de la cantidad de estiércol que produce cada animal (ver tabla 4.5).

4.3 Resultados obtenidos

A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios descritos en el punto 4.2.4. Dichos resultados se complementaron con información cualitativa recogida a través de entrevistas realizadas tanto de la empresa proveedora de biodigestores como de instituciones usuarias de la tecnología (ver detalle en el Anexo 7).

4.3.1 Escenario 1: Micro operaciones agropecuarias

Para el escenario 1, se consideran micro operaciones agropecuarias que poseen hasta 10 cabezas de ganado bovino, ó hasta 30 cabezas de ganado porcino, o hasta 100 gallinas. Se trata principalmente de operaciones agropecuarias de subsistencia, que se encuentran en la categoría de agricultura familiar campesina. Se encuentran en el tramo más bajo de ingresos, los cuales pueden provenir de la venta de leche de vaca, venta de carne o huevos, a muy baja escala. Sin embargo, parte importante de su producción se utiliza para el autoconsumo del grupo familiar.

En términos de operación, en este escenario se considera el uso de mano de obra perteneciente al grupo familiar. El predio tiene un bajo nivel de implementación de tecnologías, realizando el trabajo principalmente de forma manual.

A continuación, se describen los supuestos utilizados para caracterizar la aplicabilidad técnica y factibilidad económica para el escenario 1, en término de las variables descritas en el punto 4.1.

4.3.1.1 Aplicabilidad técnica

En relación con la aplicabilidad técnica, las posibilidades de implementación para el escenario 1 son reducidas, ya que existen restricciones importantes en relación con la disponibilidad de sustrato, lo que se traduce en que el ámbito de acción estará condicionado a bajos niveles de producción de biogás.

Nivel de electrificación

En relación con el nivel de electrificación, y siguiendo los datos base descritos en el punto 4.1.1, se considera que el acceso por parte de los productores a la red eléctrica es alto. Esto implica que, ante la implementación de sistemas para la generación y uso de biogás, es posible reemplazar el uso de electricidad de red¹⁰⁸.

Sin perjuicio de lo anterior, también es posible encontrar casos aislados de productores agropecuarios que no posee conexión a la red eléctrica pública. En estos casos, la implementación de sistemas para la generación y uso de biogás apuntará al reemplazo de otros energéticos utilizados por el productor agropecuario, como puede ser el diésel, GLP y/o leña.

¹⁰⁸ Esto aplica para los 4 escenarios descritos en el presente informe.

Zona agroclimática

Para este escenario se considera como regiones de potencial implementación desde Coquimbo hasta Los Lagos. La principal diferencia a la hora de determinar la aplicabilidad técnica de un sistema para la generación y uso de biogás, en relación con la región de implementación, se asocia con la temperatura promedio que existe en el predio donde se instalará el biodigestor anaeróbico, ya que, a menor temperatura, la producción de biogás es menor.

Sin embargo, tal como se mencionó en el punto 4.1.1, tomando en cuenta las temperaturas medias que existen en Chile, se deberá tomar como base un tiempo de retención que oscilará entre los 30 y 60 días. No se considera la instalación de sistemas de calentamiento para los biodigestores, ya que en general, estos son de alto costo y están orientados a operaciones de biogás de mayor escala.

Tipo de sustrato

Como sustrato con posibilidades de implementación para el escenario 1 se consideran los purines de vaca y cerdo. No se consideran purines de aves, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en los capítulos 2 y 3 del presente informe, los planteles de aves que existen actualmente con instalaciones de biogás, poseen una cantidad de gallinas muy superior a la propuesta para este escenario.

Sin embargo, es posible realizar un proceso de co-digestión para planteles de poseen gallinas junto con otros tipos de animales como vacas y/o cerdos. Es decir, se puede alimentar el biodigestor con purines de vaca y gallinas en un mismo proceso, de manera de aprovechar los desechos de pequeños planteles de gallinas.

Nivel de recolección de purines

Se considera que, para este escenario, el nivel de estabulación del ganado es bajo o inexistente.

En el caso de los predios que poseen vacas lecheras, la estabulación se reduce a las horas dedicadas a la ordeña, que de acuerdo a lo descrito en el punto 4.1.1, alcanza para recolectar aproximadamente entre 10% y un 12% de los purines generados en un día. Para este escenario, se considerará un 10% de recolección de purines, considerando que el trabajo de recolección será manual.

En el caso de los predios que poseen cerdos, se puede alcanzar un máximo de 40% de recolección de purines [54], tomando como base un sistema mixto de pastoreo y estabulación no permanente. Sin embargo, para este escenario se considera un 15% de recolección potencial de purines, ya que el trabajo será realizado de forma manual.

En el caso de los predios que poseen ganado bovino de engorda, no se considera estabulación, lo que implica la imposibilidad de recolectar los purines generados. Esto sólo

será posible en operaciones agropecuarias de subsistencia, donde el proceso de recolección de los purines puede ser manual.

Tecnología de digestión anaeróbica

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 2¹⁰⁹, los biodigestores que poseen aplicación para este escenario corresponden a sistemas tipo bolsa semi-continuos.

Los sistemas de biodigestión semi-continuos son los más usados en operaciones agropecuarias pequeñas, en particular para operaciones de subsistencia, donde el biogás generado se utiliza para autoconsumo. En general, este tipo de biodigestores están contruidos con materiales plásticos, principalmente polietileno de alta densidad (HDPE), y su diseño puede ser tipo hindú o chino. Poseen un gasómetro (tanque para almacenamiento de biogás) incorporado en el sistema y se construye completamente enterrado.

Su carga se realiza por gravedad una vez al día, lo que permite tener un flujo de biogás constante. Son los biodigestores más sencillos de construir e instalar, y también los de menor costo, lo que explica su alto nivel de implementación en operaciones agropecuarias de pequeña escala.

Uso del biogás

Para este escenario, se considera el uso del biogás para autoconsumo. En particular, debido a los volúmenes de biogás que se pueden obtener en micro operaciones agrícolas, el uso principal que se le da al biogás corresponde al uso como energía térmica, mediante la combustión directa del biogás a partir de electrodomésticos como cocinas, lámparas y calefont.

Resumen – Aplicabilidad técnica

La siguiente tabla contiene el resumen de la caracterización de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para este escenario.

Tabla 4.13 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 1: Micro operaciones agropecuarias

Variable	Descripción para el escenario 1
Nivel de electrificación	Nivel de electrificación alto Posibilidad de reemplazar uso de energía eléctrica de la red.

¹⁰⁹ Ver punto 2.4 y anexo 5 del presente informe.

Zona agroclimática	Entre Coquimbo y Los Lagos Tiempo de retención entre 30 y 60 días debido a las temperaturas medias de la zona centro sur del país.
Tipo de sustrato	Purines de vaca y cerdo Excretas de aves como co-sustrato
Nivel de recolección de purines	Bajo o inexistente Porcentaje de recolección de purines: 10% en plantales de vacas lecheras y 15% en plantales de cerdos.
Tecnología de digestión anaeróbica	Biodigestor tipo bolsa Se evalúan 3 tamaños: 4 m3, 8 m3 y 10 m3
Uso del biogás	Autoconsumo Electrodomésticos: - Cocina - Iluminación - Calentador de agua (calefont)

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

De acuerdo a la caracterización de la aplicabilidad técnica, en este escenario, es posible implementar un sistema de generación y uso de biogás de pequeña escala

4.3.1.2 Factibilidad económica

En relación con la factibilidad económica, para el escenario 1 se debe considerar que el ítem más importante corresponde a la inversión requerida para la implementación del sistema de generación y uso del biogás.

Costo de combustibles utilizados actualmente

En relación al costo de la electricidad utilizada actualmente por los productores agropecuarios, es decir, sin la implementación de un sistema de generación y uso de biogás, se tiene lo siguiente.

Tabla 4.14 Costo electricidad para distintos tramos de consumo¹¹⁰

Consumo (kWh/mes)	Costo electricidad (\$/mes) ¹¹¹	Costo electricidad (\$/año)
200	13.400	160.800

¹¹⁰ Sólo el costo del kWh actual. No se consideran cargos fijos u otros costos asociados al servicio entregado por la compañía de distribución eléctrica.

¹¹¹ Toma como base un precio de \$67 por kWh.

300	20.100	241.200
400	26.800	321.600
500	33.500	402.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En relación con las equivalencias entre el costo de electricidad y el costo de otras fuentes energéticas ampliamente utilizadas en operaciones agropecuarias pequeñas y medianas, se tiene lo siguiente.

Tabla 4.15 Costo GLP para distintos tramos de consumo

Consumo (kg)	kWh/mes Equivalente ¹¹²	Costo GLP (\$/mes) ¹¹³	Costo GLP (\$/año)
15	210,7	19.650	235.800
21	295,1	27.510	330.120
30	421,5	39.300	471.600
36	504,4	47.160	565.920
45	632,3	58.950	707.400

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Tabla 4.16 Costo leña para distintos tramos de consumo

Consumo (m3)	kWh/mes Equivalente ¹¹⁴	Costo leña (\$/mes) ¹¹⁵	Costo leña (\$/año)
0,5	800	12.500	150.000
1	1.600	25.000	300.000
2	3.200	50.000	600.000
3	4.800	75.000	900.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

¹¹² Factor de conversión: 14,05 kWh/Kg GLP. A partir de Ministerio de Energía, División de Eficiencia Energética. Ver [enlace](#).

¹¹³ Costo promedio del GLP de \$1.310 por kilogramo. Este monto variará dependiendo de la zona geográfica en que se encuentre el productor. A partir de Ministerio de Energía, División de Eficiencia Energética. Ver [enlace](#).

¹¹⁴ Factor de conversión: 4 kWh/Kg Leña.

¹¹⁵ Costo de leña promedio de \$25.000 por m3.

Inversión

El tamaño del biodigestor tendrá una directa relación con el costo de este. En general, se estima que, para distintos tamaños de predios, asociados a la cantidad de animales que estos poseen, el tamaño del biodigestor deberá ser el siguiente.

Tabla 4.17 Tamaño del biodigestor requerido en relación a la cantidad de animales

Tipo animal / Tamaño del biodigestor	4 m3	8 m3	10 m3
Vacas lecheras	3	6	8
Vacas (carne)	4	8	10
Cerdos	10	18	24

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de Koottatep, Ompong y Hwa, 2003 [81] y Pérez Medel, 2010 [52]

Considerando lo anterior, se estima que el biodigestor a evaluar dentro de este escenario, deberá tener un tamaño entre los 4 m3 y los 10 m3¹¹⁶. Se asume un volumen promedio de 1 m3 por cada cabeza de ganado bovino (engorda) existente en el predio agrícola.

A partir de esto, se estima la inversión requerida para 3 tipos de biodigestores, asociados a su tamaño¹¹⁷.

Tabla 4.18 Costos de inversión promedio para el biodigestor dependiendo de su tamaño

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$ pesos) ¹¹⁸
Biodigestor 1	4	378.200
Biodigestor 2	8	610.000
Biodigestor 3	10	793.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de SNV, CIMNE-UPC, Hivos, 2012 [82]; Gamma Ingenieros S.A. - Ministerio de Energía, 2011 [53] y Resultados del Capítulo 2¹¹⁹.

A partir de estos costos, se estima un 40% adicional para gastos de instalación, materiales menores y otros imprevistos, por lo que el costo final sería quedaría expresado según la siguiente tabla.

¹¹⁶ Para un tiempo de retención de 60 días aproximadamente.

¹¹⁷ Se han considerado costos de inversión promedio a partir de diversas fuentes de información. Estos costos pueden variar dependiendo del proveedor del biodigestor, costos de instalación dependiendo de la zona geográfica, etc.

¹¹⁸ Considerando el tipo de cambio: 1 dólar = 610 pesos.

¹¹⁹ Ver punto 2.4 y Anexo N°5 del presente informe.

Tabla 4.19 Inversión final asociada al biodigestor por tamaño

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$ pesos) ¹²⁰
Biodigestor 1	4	530.000
Biodigestor 2	8	854.000
Biodigestor 3	10	1.110.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En relación con la vida útil del biodigestor, esta se encuentra asociada a la vida útil de la membrana de polietileno (HDPE u otro similar¹²¹), la cual puede alcanzar los 10 años e incluso superarlo. Para esta evaluación se considera una vida útil promedio de 10 años para el biodigestor anaeróbico.

En relación a la inversión en equipos, se considera el costo de adquisición de electrodomésticos construidos para su funcionamiento con biogás, los que se describen en la siguiente tabla¹²².

Tabla 4.20 Inversión en equipos electrodomésticos

Equipo	Costo (\$ pesos)
Cocina	50.000 ¹²³
Lámpara	10.000
Calefont	42.000

Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de Resultados del capítulo 3 del presente informe¹²⁴.

Considerando que actualmente estos equipos no se encuentran disponibles en Chile, se considera el precio de venta definido por el proveedor.

Costos operacionales

En general, para las instalaciones de biogás en este escenario, los costos de operación y mantención son muy bajos o inexistentes. A continuación, se describe la estructura de costos operacionales y de mantención asociadas a la instalación de generación y uso de biogás.

¹²⁰ Considerando un 40% adicional para costos de instalación, materiales menores e imprevistos.

¹²¹ También es posible implementar biodigestor de PVC. Ver punto 7.5.2, instalación Nambí de Nicoya en Costa Rica.

¹²² De acuerdo a la oferta identificada en el capítulo 3, punto 3.2.5, Equipos Electrodomésticos.

¹²³ Considerando costos de importación estimados. Para esto se aumentó en un 40% del costo base del producto, que puede alcanzar los US\$60.

¹²⁴ Ver punto 3.1.5 y 3.2.5 del presente informe.

Tabla 4.21 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 1

Ítem	Notas
Energía utilizada por la planta	No implica costo ya que el biodigestor no utiliza energía
Costo asociado al personal	Se asume que el personal para el manejo de la instalación es interno. No requiere contratación de personal
Disposición del sustrato	Es manual. No tiene costo asociado.
Insumos de operación	No requiere. No tiene costo asociado
Obras civiles	No requiere obras civiles adicionales
Maquinarias y equipos	Los equipos electrodomésticos se reemplazan al final de su vida útil estimada en 5 años para electrodomésticos.

Fuente: Adaptado a partir de MINENERGÍA/GIZ, 2012 [2]

Ingresos

Se consideran los ahorros potenciales en GLP, leña y electricidad, que se obtienen al utilizar el biogás obtenido. Para esto, se toma como base el consumo de biogás asociado a los equipos electrodomésticos. La siguiente tabla contiene el detalle del consumo de biogás por tipo de equipo y la cantidad de biogás que utilizaría al año de acuerdo a un tiempo de uso promedio.

Tabla 4.22 Consumo de biogás utilizado por tipo de electrodoméstico

Electrodoméstico	Consumo de biogás (m3/hr)	Tiempo de uso (horas/día)	Cantidad de biogás utilizado al año (m3/año)
Cocina ¹²⁵ de 1 quemador	0,3	3	329
Cocina ¹²⁶ de 2 quemadores	0,3	6	657
Lámpara ¹²⁷	0,15	6	329
Lámpara ¹²⁸	0,15	18	986
Calefont	2	1	730

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

De acuerdo a lo anterior, para utilizar una cocina de 1 quemador durante 3 horas diarias, serían necesarios 329 m³ de biogás al año, aumentando al doble en el caso que la cocina se utilizara con 2 quemadores.

¹²⁵ 3 horas de cocina utilizando 1 quemador.

¹²⁶ 3 horas de cocina utilizando 2 quemadores.

¹²⁷ Considerando 1 lámpara encendida durante 6 horas al día.

¹²⁸ Considerando 3 lámparas encendidas durante 6 horas al día.

A partir de lo anterior, se estima el uso equivalente de gas licuado y leña para estos electrodomésticos. La siguiente tabla contiene el requerimiento de biogás por tipo de equipo y el uso equivalente de acuerdo al tiempo de uso promedio descrito en la tabla anterior.

Tabla 4.23 Volumen de gas licuado y leña que es posible reemplazar con el biogás generado en el escenario 1

Electrodoméstico	Cantidad de biogás utilizado al año (m3/año)	Equivalente a gas licuado (kg/año)	Equivalente a leña (m3/año)
Cocina de 1 quemador	329	141	4
Cocina de 2 quemadores	657	283	8
Lámpara	329	141	4
Lámpara	986	424	12
Calefont	730	314	9

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Tomando como base el precio actual de los energéticos, tal como se describe en la tabla 4.11, se estima los potenciales ahorros que se generaría por el reemplazo con biogás.

Tabla 4.24 Ahorro potencial en gas licuado, leña y electricidad para el escenario 1

Electrodoméstico	Ahorro en gas licuado (\$/año)	Ahorro en leña (\$/año)	Ahorro en electricidad (\$/año)
Cocina de 1 quemador	185.044	101.389	-
Cocina de 2 quemadores	370.088	202.778	-
Lámpara	-	-	3.144
Lámpara	-	-	9.433
Calefont	411.209	225.309	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

El ahorro más importante se produce en gas licuado, que tiene un costo más elevado que la leña. Este podría alcanzar los \$411 mil pesos al año, tomando como base un precio promedio de \$1.310 por kilogramo¹²⁹. En el caso de la leña, el menor valor de esta hace que los ahorros potenciales sean menores, alcanzando los \$225 mil pesos anuales, tomando como base un precio de \$25.000 por m3.

Por otra parte, considerando que en este escenario se tienen hasta 10 cabezas de ganado bovino, el potencial de generación de biogás al año queda limitado por la cantidad de animales disponibles y el potencial de recolección de los purines, tal como se muestra en la siguiente tabla.

¹²⁹ Precio promedio del gas licuado según la tabla 4.11.

Tabla 4.25 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 1

Cantidad de animales (vacas lecheras)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes) ¹³⁰	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año) ¹³¹
4	156	1.872	187
8	312	3.744	374
10	390	4.680	468

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los planteles que poseen cerdos, el potencial de producción de biogás, tomando en consideración las restricciones de recolección de purines, es el siguiente.

Tabla 4.26 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 1

Cantidad de animales (cerdos)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes) ¹³²	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año) ¹³³
12	113	1.354	203
24	226	2.707	406
30	282	3.384	508

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de lo anterior, se observa que en planteles de cerdos, el potencial de generación es mayor en relación a los predios que poseen vacas, ya que en estos últimos, la recolección de purines es menos efectiva debido a los bajos niveles de estabulación de los animales.

Acceso a financiamiento y/o subsidios

En este escenario no se considera la posibilidad de acceder a financiamiento privado, ya que se trata de pequeñas explotaciones, que por su nivel de ingresos no accede a la banca tradicional.

Ante esto, es necesario que los productores agropecuarios que se encuentran en este escenario, puedan acceder a subsidios por parte del estado, que apoyen principalmente la inversión inicial en equipamiento e instalación de los sistemas de generación y uso de biogás.

¹³⁰ Ver tabla 4.6.

¹³¹ Se considera un 10% de recolección de purines para vacas.

¹³² Ver tabla 4.6.

¹³³ Se considera un 15% de recolección de purines para cerdos.

Resumen – Factibilidad económica

La siguiente tabla muestra el resumen de la caracterización de las variables asociadas a la factibilidad económica para el escenario 1.

Tabla 4.27 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 1: Micro operaciones agropecuarias

Variable	Descripción para el escenario 1
Costo de combustibles utilizados actualmente	El costo de gas licuado de petróleo y leña influye directamente en la factibilidad económica.
Inversión	Entre \$380.000 y \$790.000 dependiendo del tamaño del biodigestor.
Costos operacionales y mantención	Se debe considerar el reemplazo de los equipos electrodomésticos en un plazo de 5 años.
Ingresos	Ahorros en el uso de GLP, Leña y Electricidad. Depende de la cantidad de sustrato disponible y el tamaño del biodigestor
Acceso a financiamiento y/o subsidios	Sin acceso a financiamiento privado (banca formal). Necesidad de acceder a subsidios para

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.1.3 Indicadores financieros asociados al escenario 1

A partir de los supuestos descritos para las variables asociadas con la aplicabilidad técnica y factibilidad económica, se estima los beneficios potenciales que se obtienen de la implementación de un sistema de generación y uso de biogás para el escenario 1. Para esto se utilizó una tasa de descuento de referencia de 10% y un horizonte de evaluación de 5 años.

Reemplazo de gas licuado de petróleo

Tomando como base de comparación, el potencial de reemplazo de gas licuado de petróleo, los resultados de la evaluación económica son los siguientes.

Tabla 4.28 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 1

Tamaño biodigestor	Inversión inicial (\$)	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro GLP Anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras						
4 m3	632.000	187	80	105.450	- 232.262	-5,8%
8 m3	956.000	374	161	210.900	- 156.525	3,4%
10 m3	1.212.000	468	201	263.624	- 212.656	2,9%
Predios de cerdos						
4 m3	632.000	203	87	114.372	- 198.438	-3,2%
8 m3	956.000	406	175	228.745	- 88.877	6,3%
10 m3	1.212.000	508	218	285.931	- 128.096	5,8%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de estos resultados, se observa que para todos los tramos de tamaño de predios, no es posible recuperar la inversión inicial en un período de 5 años. Esto quiere decir, que si bien es posible ahorrar un monto anual significativo en gas licuado de petróleo (GLP), los montos involucrados en la inversión inicial son muy altos en relación al beneficio potencial.

Por otra parte, para el caso de los biodigestores de 8 m3 y 10 m3, la TIR es mayor a cero, pero se obtiene un VAN negativo, lo que se debe a que, si bien la tasa interna de retorno en 5 años muestra un valor positivo, aún sigue siendo menor que la tasa de descuento utilizada como base para la evaluación (10%).

Ante esto, sería necesario que los productores agrícolas accedan a subsidios que permitan financiar en parte la inversión inicial en equipos e instalación. En este caso, los ahorros generados por el uso del biogás, junto con el subsidio a la inversión, permitiría llegar a una situación en donde se rentabiliza el uso del biogás como alternativa al uso de gas licuado de petróleo. Los montos asociados a estos subsidios serían los siguientes.

Tabla 4.29 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
4 m3	632.000	232.262	36,8%
8 m3	956.000	156.525	16,4%
10 m3	1.212.000	212.656	17,5%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

De acuerdo con la tabla 4.29, para un biodigestor de 4 m3 se requiere un subsidio de \$232.262 para financiar la compra e instalación del biodigestor y equipos electrodomésticos. Con este monto de subsidio, el ahorro generado por el uso del biogás

alcanza el mismo beneficio económico como alternativa al uso de gas licuado de petróleo (VAN = 0).

Para el caso de los predios que poseen criaderos de cerdos, los montos de los subsidios son menores, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.30 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
4 m3	632.000	198.438	31,4%
8 m3	956.000	88.877	9,3%
10 m3	1.212.000	128.096	10,6%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Otras consideraciones de relevancia para este escenario son las siguientes:

- En zonas aisladas, como algunas comunas de la región de Los Lagos o Los Ríos, el alto costo del gas licuado de petróleo tiene un impacto positivo en la evaluación económica. Por ejemplo, si se toma como base el precio de GLP más alto (\$1.696 por kilogramo), se requeriría subsidiar sólo a los biodigestores más pequeños de 4 m3. En este caso, el subsidio requerido alcanzaría el 18,1% de la inversión inicial para plantales de vacas lecheras y 11,2% de la inversión inicial para plantales de cerdos. Para biodigestores de 8 m3 y 10 m3, los beneficios obtenidos mediante el ahorro en GLP permiten recuperar la inversión inicial en un período de 5 años. Considerando estos resultados, es claro que en zonas aisladas, donde el GLP tiene un costo significativamente mayor, los beneficios obtenidos de la instalación de un biodigestor son más atractivos.
- Por otra parte, en comunas que cuentan con el precio de GLP más bajo (\$696 por kilogramo), los montos de subsidio necesarios para rentabilizar la instalación alcanzan el 66%, 56% y 55% de la inversión inicial para los distintos tamaños de biodigestor.
- Uno de los aspectos más críticos con respecto a los bajos volúmenes de biogás que es posibles obtener, tienen relación con la baja estabulación que poseen los predios, lo que impide recolectar los purines de forma eficiente. Para la evaluación de este escenario se ha tomado como base de cálculo un 10% de recolección para predios que poseen vacas lecheras y un 15% de recolección para predios que poseen cerdos. En el caso de aumentar este potencial de recolección, el proyecto sería más atractivo desde el punto de vista económico. Así, para los predios de cerdos, aumentar el porcentaje de recolección a un 25%, permitiría que el proyecto fuera rentable en un período de 5 años para biodigestores a partir de los 4 m3. Sin embargo, esto requeriría inversiones asociadas al mejoramiento del campo de

forma previa a la instalación del biodigestor, en cuyo caso, es posible que también se requieran subsidios para su financiamiento.

- Es importante destacar que, a medida que el biodigestor tiene un mayor tamaño, y por ende una mayor capacidad de procesar residuos del predio, la tasa de reemplazo de combustibles aumenta. Así, para un biodigestor de 4 m³, se puede reemplazar el uso de 80 kilogramos de GLP al año, lo que equivale a un promedio de 6,6 kilogramos al mes. Si se considera un consumo promedio de 15 kilogramos al mes, incluso con la implementación del biodigestor, el productor deberá comprar en promedio unos 8,4 kilogramos de GLP al mes, a un costo entre \$93.340 y \$170.956 anuales¹³⁴.
- Para el caso de un biodigestor de 10 m³, es posible reemplazar el 100% de uso de gas licuado de petróleo (GLP), tomando como base un consumo promedio de 15 kilogramos al mes.

Reemplazo de leña

Tomando como base de comparación, el potencial de reemplazo de leña, los resultados de la evaluación económica son los siguientes.

Tabla 4.31 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de leña, para el escenario 1

Tamaño biodigestor	Inversión inicial (\$)	Producción de biogás (m ³ /año)	Equivalente Leña (m ³)	Ahorro Leña Anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras						
4 m ³	632.000	187	2,3	57.778	- 412.977	-21,5%
8 m ³	956.000	374	4,6	115.556	- 517.954	-14,7%
10 m ³	1.212.000	468	5,8	144.444	- 664.442	-15,1%
Predios de cerdos						
4 m ³	632.000	203	2,5	62.667	- 394.444	-19,6%
8 m ³	956.000	406	5,0	125.333	- 480.888	-12,6%
10 m ³	1.212.000	508	6,3	156.667	- 618.110	-13,0%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de estos resultados, se observa que la implementación de sistemas de generación y uso de biogás para el reemplazo de leña es menos rentable, en relación al reemplazo de gas licuado de petróleo (GLP). Se observa que para los tres tamaños de biodigestor que

¹³⁴ El rango considera las variaciones de precios que tiene el GLP dependiendo de la región y comuna.

han sido evaluados, el monto ahorrado en GLP durante 5 años no permite recuperar la inversión inicial.

Esto implica la necesidad de subsidios para hacer frente a la inversión inicial, el que puede superar el 60% del costo del biodigestor y equipos para uso del biogás en el caso de biodigestores de 4 m³. Los montos estimados para el subsidio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.32 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de leña en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
4 m ³	632.000	412.977	65,3%
8 m ³	956.000	517.954	54,2%
10 m ³	1.212.000	664.442	54,8%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen cerdos, los montos de subsidios son menores, aunque de igual manera son significativos en relación a la inversión inicial, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.33 Monto de subsidio estimado para el escenario 1, reemplazo de leña en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
4 m ³	632.000	394.444	62,4%
8 m ³	956.000	480.888	50,3%
10 m ³	1.212.000	618.110	51,0%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de estos resultados, es claro que, en este escenario, el reemplazo del uso de leña mediante la implementación de un sistema para la generación y uso de biogás no resulta rentable para el productor agropecuario. Esto se debe principalmente a que los costos asociados al uso de leña aún son bajos, lo que en definitiva no justifica el nivel de inversión asociado a un proyecto de este tipo.

En un escenario con subsidios que permitan hacer frente a la inversión inicial, el proyecto tiene altos beneficios. No sólo por el menor gasto monetario en leña por parte del productor agropecuario, sino que también porque produce efectos medioambientales beneficiosos para la población en general.

4.3.2 Escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1

En este escenario se consideran operaciones agropecuarias pequeñas, que poseen entre 11 y 30 cabezas de ganado bovino, ó entre 31 y 90 porcinos, o entre 101 y 300 gallinas. En general, se compone de pequeñas explotaciones para autoconsumo y venta de productos primarios.

A continuación, se describen los supuestos utilizados para caracterizar la aplicabilidad técnica y factibilidad económica para el escenario 2, en término de las variables descritas en el punto 4.1.

4.3.2.1 Aplicabilidad técnica

En relación con la aplicabilidad técnica para el escenario 2, las posibilidades de implementación son mayores en relación al escenario 1, considerando que se pueden instalar biodigestores de laguna cubierta, los que permiten un mayor tratamiento de desechos.

Por otra parte, también es posibles implementar equipos de uso de biogás para el reemplazo de energía eléctrica, particularmente motores y generadores pequeños. Además del uso domiciliario que se le puede dar al biogás por medio de equipos electrodomésticos.

Nivel de electrificación

Al igual que en el escenario anterior, se considera un nivel de electrificación alto por parte de los productores agropecuarios. Por lo tanto, existe la posibilidad de reemplazar el uso de la energía eléctrica de la red pública mediante el uso de biogás.

Zona agroclimática

Se considera como regiones de potencial implementación desde Coquimbo hasta Los Lagos, tomando en cuenta la disponibilidad de sustrato y la mayor concentración de pequeños productores agropecuarios en la zona.

Tomando en cuenta las temperaturas medias que existen en la zona de interés, se considera un tiempo de retención del sustrato entre 30 y 60 días. Además, no se considera la instalación de sistemas complementarios para el aumento de la temperatura en biodigestores, ya que en general, estos son de alto costo y están orientados a operaciones de biogás de mayor escala.

Tipo de sustrato

Para este escenario, se considera como sustrato a los purines de vacas lechera, vacas de engorda y cerdos.

En forma complementaria, es posibles utilizar otros sustratos para procesos de co-digestión, como es el caso de las excretas de gallinas y desechos del cultivo de frutas y/o verduras

Nivel de recolección de purines

Considerando que el nivel de estabulación impacta de forma directa en el potencial de recolección de purines [54], se ha determinado un 10% de recolección para predios que poseen vacas lecheras y un 25% para predios que poseen cerdos.

Para predios que poseen vacas de engorda, se ha determinado un 10% de recolección máxima.

Tecnología de digestión anaeróbica

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 2¹³⁵, los biodigestores que poseen aplicación para este escenario corresponden a sistemas tipo laguna cubiertas, semi-continuos.

En este caso, el biodigestor se carga una vez al día, sin la necesidad de agitadores ya que actúa por gravedad.

Uso del biogás

Con respecto al uso del biogás obtenido, se considera el foco en el autoconsumo, principalmente en el reemplazo combustible utilizado en la generación de energía térmica mediante la implementación de equipos electrodomésticos, y el reemplazo de electricidad mediante la incorporación de motores y/o generadores pequeños.

Resumen – Aplicabilidad técnica

La siguiente tabla contiene el resumen de la caracterización de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para este escenario.

¹³⁵ Ver punto 2.4 y anexo 5 del presente informe.

Tabla 4.34 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 2: Pequeña operación agropecuaria 1

Variable	Descripción para el escenario 2
Nivel de electrificación	Nivel de electrificación alto Posibilidad de reemplazar uso de energía eléctrica de la red.
Zona agroclimática	Entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.
Tipo de sustrato	Purines de vaca (lecheras y engorda) y purines de cerdo. Estiércol de aves y desechos agrícolas como co-sustrato.
Nivel de recolección de purines	Bajo Se considera un potencial de recolección de 10% para vacas y 20% para predios que poseen cerdos.
Tecnología de digestión anaeróbica	Biodigestor tipo laguna cubierta. Se evalúan 3 tamaños: 15 m ³ , 25 m ³ y 40 m ³
Uso del biogás	Electrodomésticos - Cocina - Lámparas - Calefont Generación eléctrica - Motor pequeño - Generador pequeño

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.2.2 Factibilidad económica

En este escenario, para determinar la factibilidad económica es clave el potencial de ahorro en combustibles y electricidad que se puede obtener mediante el uso del biogás. Por otro lado, el nivel de inversión resulta ser el ítem de costo más importante, tanto para el biodigestor y su instalación, así como también en relación a la inversión necesaria en equipos para el uso del biogás.

Costo de combustibles utilizados actualmente

Se consideran los costos de gas licuado, leña y electricidad de acuerdo a su valor actual, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.35 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios

Combustible	Costo actual
Gas licuado de petróleo GLP	\$ 1.310 (kg)
Leña	\$ 25.000 (m3)
Electricidad	\$ 67 (kWh)

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Inversión

Para estimar el monto de inversión necesario para implementar un biodigestor, es necesario conocer el tamaño que tendrá este. La siguiente tabla contiene el tamaño del biodigestor en relación a la cantidad de animales que posee el predio (vacas de engorda, vacas lecheras y cerdos).

Tabla 4.36 Tamaño de biodigestor para distintos tamaños de predios, para el escenario 2

Tipo animal / Tamaño del biodigestor	15 m3	25 m3	40 m3
Vacas (engorda)	15	20	30
Vacas lecheras	12	16	25
Cerdos	30	40	60

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de esto, en la siguiente tabla se muestra el costo del biodigestor y su instalación, para los tamaños propuestos.

Tabla 4.37 Inversión estimada para el biodigestor por tamaño, para el escenario 2

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$)
Biodigestor 1	15	2.475.000
Biodigestor 2	25	4.125.000
Biodigestor 3	40	6.600.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de CIDELSA [83]; ODEPA, 2009 [50]; VIOGAZ [84];

Se utiliza como base de cálculo un costo promedio de \$165.000 por m3 [50] [83]. Sin embargo, existe una alta variabilidad en términos de la inversión inicial, lo que está relacionado con el costo de los materiales, el costo de la mano de obra para la instalación y los insumos. Así, es posible encontrar alternativas más económicas, como el caso de la empresa VIOGAZ [84], y también alternativas más costosas con un costo inicial que puede alcanzar los \$270.000 por m3 [50].

En relación a los equipos, el monto de inversión considera la compra de electrodomésticos, equipo generador y calefactor, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.38 Inversión en equipos

Equipo	Costo (\$ pesos)
Cocina	50.000
Lámpara	10.000
Calefont	42.000
Generador 2 kW	488.000
Generador 3 kW	1.586.000
Calefactores lechones	18300

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Costos operacionales y mantención

En relación a los costos operacionales y de mantención para este escenario, se considera lo siguiente.

Tabla 4.39 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 2

Ítem	Descripción para el escenario 2
Energía utilizada por la planta	No implica costo ya que la planta de biogás no utiliza energía. No se consideran equipos complementarios para el calentamiento del sustrato
Costo asociado al personal	Se asume que el personal para el manejo de la instalación es interno. No requiere contratación de personal
Insumos de operación	1% del costo de inversión anual
Obras civiles	No requiere obras civiles adicionales durante la operación.
Maquinarias y equipos	Los equipos electrodomésticos se reemplazan al final de su vida útil estimada en 5 años para electrodomésticos. Los equipos generadores poseen una vida útil de 10 años cuyo costo de mantención se estima en 1% del costo de inversión anual.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Ingresos

Se consideran los ahorros potenciales en GLP, leña y electricidad, que se obtienen al utilizar el biogás obtenido. Para esto, se toma como base el consumo de biogás asociado a los equipos electrodomésticos y generador eléctrico. La siguiente tabla contiene el detalle del consumo de biogás por tipo de equipo y la cantidad de biogás que utilizaría al año de acuerdo a un tiempo de uso promedio.

Tabla 4.40 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo

Equipo	Consumo de biogás (m ³ /hr)	Tiempo de uso (horas/día)	Cantidad de biogás utilizado al año (m ³ /año)
Cocina ¹³⁶ de 1 quemador	0,3	3	329
Cocina ¹³⁷ de 2 quemadores	0,3	6	657
Lámpara	0,15	6	329
Lámpara	0,15	18	986
Calefont	2	1	730
Generador	2,2	12	9.636
Generador	3,5	12	15.330
Calefactor lechones ¹³⁸	0,25	6	548

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de esto, se estima el equivalente en gas licuado, leña y electricidad para cada tipo de equipo.

Tabla 4.41 Volumen de gas licuado, leña y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 2

Electrodoméstico	Cantidad de biogás utilizado al año (m ³ /año)	Equivalente a gas licuado (kg/año)	Equivalente a leña (m ³ /año)	Equivalente a electricidad (kWh/año)
Cocina de 1 quemador	329	141	4	-
Cocina de 2 quemadores	657	283	8	-
Lámpara	329	-	-	47
Lámpara	986	-	-	141
Calefont	730	314	-	-
Generador	9.636	-	-	1.377
Generador	15.330	-	-	2.190
Calefactor lechones	548	235	7	78

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

¹³⁶ Considera un uso de 3 horas diarias con 1 quemador.

¹³⁷ Considera un uso de 3 horas diarias por cada quemador en una cocina con 2 quemadores.

¹³⁸ El consumo descrito es por cada calefactor.

Luego, tomando como base el costo de los energéticos¹³⁹ utilizados actualmente por los productores, se estima el valor que puede ser reemplazado mediante el uso de biogás, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.42 Ahorro potencial en gas licuado, leña y electricidad, para el escenario 2

Electrodoméstico	Ahorro en gas licuado (\$/año)	Ahorro en leña (\$/año)	Ahorro en electricidad (\$/año)
Cocina de 1 quemador	185.044	101.389	-
Cocina de 2 quemadores	370.088	202.778	-
Lámpara	-	-	3.144
Lámpara	-	-	9.433
Calefont	411.209		-
Generador 2kW			92.230
Generador 3kW			146.730
Calefactor lechones	308.407	168.981	5.240

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Por otra parte, considerando que en este escenario se tienen hasta 30 cabezas de ganado bovino, el potencial de generación de biogás al año queda limitado por la cantidad de animales disponibles y el potencial de recolección de los purines, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.43 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2

Cantidad de animales (vacas lecheras)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
12	468	5.616	562
16	624	7.488	749
25	975	11.700	1.170

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la producción potencial de biogás es la siguiente.

¹³⁹ Ver tabla 4.35.

Tabla 4.44 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2

Cantidad de animales (vacas engorda)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
15	488	5.850	585
20	650	7.800	780
30	975	11.700	1.170

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen cerdos, la producción potencial de biogás es la siguiente.

Tabla 4.45 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 2

Cantidad de animales (cerdos)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
30	282	3.384	846
40	376	4.512	1.128
60	564	6.768	1.692

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Acceso a financiamiento y/o subsidios

En este escenario no se considera la posibilidad de acceder a financiamiento privado, ya que se trata de pequeñas explotaciones, que por su nivel de ingresos no accede a la banca tradicional.

Ante esto, en el caso de ser necesario, se determinará los montos de potenciales subsidios que permitan hacer frente a la inversión inicial en los sistemas para la generación y uso de biogás.

Resumen – Factibilidad económica

La siguiente tabla muestra el resumen de la caracterización de las variables asociadas a la factibilidad económica para el escenario 2.

Tabla 4.46 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 2

Variable	Descripción para el escenario 2
Costo de combustibles utilizados actualmente	El costo de gas licuado de petróleo, leña y electricidad influye directamente en la factibilidad económica.
Inversión	Entre \$2,4 millones y \$6,6 millones.
Costos operacionales y mantención	1% de la inversión inicial como costo de operación anual (insumos para la operación anual). 1% de la inversión inicial como costo de mantención anual.
Ingresos	Ahorros en el uso de gas licuado de petróleo GLP y Electricidad.
Acceso a financiamiento y/o subsidios	Subsidios son necesarios para financiar la inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.2.3 Indicadores financieros asociados al escenario 2

A partir de los supuestos descritos para las variables asociadas con la aplicabilidad técnica y factibilidad económica, se estima los beneficios potenciales que se obtienen de la implementación de un sistema de generación y uso de biogás para el escenario 2. Para esto se utilizó una tasa de descuento de referencia de 10% y un horizonte de evaluación de 5 años.

Reemplazo de gas licuado de petróleo

Tomando como base de comparación el potencial de reemplazo de gas licuado de petróleo (GLP), los resultados de la evaluación económica, por tamaño de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.47 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 2

Tamaño biodigestor	Inversión inicial (\$)	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro GLP Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
15 m3	2.585.300	562	241	316.349	51.706	- 1.582.094	-18,8%
25 m3	4.235.300	749	322	421.799	84.706	- 2.957.452	-24,5%
40 m3	6.702.000	1.170	503	659.061	134.040	- 4.711.757	-24,9%
Predios de vacas de engorda							
15 m3	2.585.300	585	252	329.531	51.706	- 1.532.127	-17,7%
25 m3	4.235.300	780	335	439.374	84.706	- 2.890.829	-23,4%
40 m3	6.702.000	1.170	503	659.061	134.040	- 4.711.757	-24,9%
Predios de cerdos							
15 m3	2.585.300	846	364	476.552	51.706	- 974.800	-6,2%
25 m3	4.235.300	1.128	485	635.402	84.706	- 2.147.727	-12,8%
40 m3	6.702.000	1.692	728	953.104	134.040	- 3.597.105	-14,5%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de estos resultados, se observa que, para todos los tamaños de biodigestor, no resulta rentable su implementación, ya que los ahorros generados no permiten recuperar la inversión inicial en un periodo de 5 años.

Lo anterior implica que es necesario contar con subsidios para que los productores agropecuarios hagan frente a la inversión inicial en equipos biodigestores y equipos de uso de biogás. El monto de estos subsidios, por tamaño de biodigestor se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.48 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.585.300	1.582.094	61,2%
25 m3	4.225.300	2.957.452	70,0%
40 m3	6.702.000	4.711.757	70,3%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen vacas de engorda, los montos estimados de subsidios para el financiamiento de la inversión inicial en equipos, por tamaño de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.49 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.585.300	1.532.127	59,3%
25 m3	4.225.300	2.890.829	68,4%
40 m3	6.702.000	4.711.757	70,3%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen cerdos, los montos asociados a subsidios son los siguientes.

Tabla 4.50 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.585.300	974.800	37,7%
25 m3	4.225.300	2.147.727	50,8%
40 m3	6.702.000	3.597.105	53,7%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Otras consideraciones de relevancia para este escenario son las siguientes:

- Uno de los aspectos que tiene mayor impacto en la evaluación económica para este escenario corresponde al alto monto de inversión que se requiere para un biodigestor en relación a los beneficios obtenidos de él. La evaluación a 5 años es negativa para todos los tamaños de biodigestor analizado, lo cual implica que la inversión inicial está sobredimensionada en relación a los ahorros que se pueden obtener mediante el uso de biogás.

- A partir de lo anterior, será necesario buscar formas de disminuir los costos de inversión inicial. Por ejemplo, si el costo de adquisición e instalación del biodigestor disminuye en un 50%, los montos de subsidios que son necesarios para rentabilizar el proyecto alcanzan entre un 17% de la inversión inicial para un biodigestor de 40 m3 y un 18% de la inversión inicial total para un biodigestor de 15 m3.
- Para que la implementación de un sistema para la generación y uso de biogás sea rentable en este escenario, es necesario que se combinen 2 aspectos altamente relevantes. Por una parte, reducir los costos de inversión inicial asociados a la construcción e instalación del biodigestor, y por otra parte, generar procesos de producción más eficientes por parte de los predios, considerando que los bajos niveles de estabulación influyen negativamente en la capacidad de recolectar los desechos para la alimentación del biodigestor.

Reemplazo de electricidad

Tomando como base de comparación, el potencial de reemplazo de electricidad, los resultados de la evaluación económica para el escenario 2 son los siguientes.

Tabla 4.51 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para el escenario 2

Tamaño biodigestor	Inversión inicial (\$)	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente Electricidad (kWh)	Ahorro Electricidad Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
15 m3	2.963.000	562	3.931	263.390	59.260	- 2.189.185	-27,5%
25 m3	4.613.000	749	5.242	351.187	92.260	- 3.631.462	-31,4%
40 m3	7.088.000	1.170	8.190	548.730	141.760	- 5.545.264	-31,0%
Predios de vacas de engorda							
15 m3	2.963.000	585	4.095	274.365	59.260	- 2.147.583	-26,4%
25 m3	4.613.000	780	5.460	365.820	92.260	- 3.575.992	-30,4%
40 m3	7.088.000	1.170	8.190	548.730	141.760	- 5.545.264	-31,0%
Predios de cerdos							
15 m3	2.963.000	846	5.922	396.774	59.260	- 1.683.556	-16,2%
25 m3	4.613.000	1.128	7.896	529.032	92.260	- 2.957.290	-20,7%
40 m3	7.088.000	1.692	11.844	793.548	141.760	- 4.617.211	-21,3%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de estos resultados, se observa que el reemplazo de electricidad mediante el uso de un generador eléctrico a biogás, resulta menos rentable que la utilización del biogás para el reemplazo de GLP. Esto se debe, por una parte, a que se requiere una mayor cantidad de biogás para reemplazar el consumo eléctrico en relación al gas licuado de

petróleo, y, por otra parte, a que la inversión en equipos para la generación eléctrica es mayor, en relación a la inversión en equipos electrodomésticos.

Lo anterior implica que se requieren montos de subsidios mayores para rentabilizar una instalación de biogás en este escenario. Para el caso de los predios que poseen vacas lecheras, el monto del subsidio por tamaño de biodigestor es el siguiente.

Tabla 4.52 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.963.000	2.189.185	73,9%
25 m3	4.613.000	3.631.462	78,7%
40 m3	7.088.000	5.545.264	78,2%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen vacas de engorda, el monto estimado del subsidio por tamaño de biodigestor es el siguiente.

Tabla 4.53 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.963.000	2.147.583	72,5%
25 m3	4.613.000	3.575.992	77,5%
40 m3	7.088.000	5.545.264	78,2%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen criaderos de cerdos, el monto estimado del subsidio por tamaño de biodigestor es el siguiente.

Tabla 4.54 Monto de subsidio estimado para el escenario 2, reemplazo de electricidad en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
15 m3	2.963.000	1.683.556	56,8%
25 m3	4.613.000	2.957.290	64,1%
40 m3	7.088.000	4.617.211	65,1%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.3 Escenario 3: Pequeña operación agropecuaria 2

En este escenario se consideran operaciones agropecuarias pequeñas, que poseen entre 31 y 100 cabezas de ganado bovino, o entre 91 y 300 porcinos, o entre 301 y 500 gallinas. En general, se compone de explotaciones de pequeña escala enfocadas en la comercialización de productos primarios como leche, carne y huevos. También consideran la producción para autoconsumo, sin embargo, en este escenario las operaciones agropecuarias se destacan principalmente por un mayor foco en el aspecto comercial.

A continuación, se describen los supuestos utilizados para caracterizar la aplicabilidad técnica y factibilidad económica para el escenario 3, en término de las variables descritas en el punto 4.1.

4.3.3.1 Aplicabilidad técnica

En este escenario, las posibilidades de implementación se amplían en relación a los escenarios 1 y 2, considerando que la disponibilidad de sustratos es mayor, debido a la mayor cantidad de animales que poseen los predios. Esto también permite incorporar más tecnología en el proceso, lo que se traduce en mejores expectativas para el uso del biogás que permitan cubrir los consumos energéticos asociados.

Nivel de electrificación

Al igual que en el escenario anterior, se considera un nivel de electrificación alto por parte de los productores agropecuarios. Esta supera el 85% en zonas rurales, por lo que las zonas sin acceso a la red eléctrica pública representan casos aislados. Es posible por lo tanto reemplazar el uso de energía eléctrica de la red pública mediante el uso de biogás.

Zona agroclimática

Se considera como regiones de potencial implementación desde Coquimbo hasta Los Lagos, tomando en cuenta la disponibilidad de sustrato y la mayor concentración de pequeños productores agropecuarios en la zona. En particular, los predios que poseen vacas y cerdos se concentran principalmente en la zona centro y sur del país, siendo este el foco de producción para este escenario.

Tipo de sustrato

Para este escenario, se considera como sustrato a los purines de vacas lechera, vacas de engorda y cerdos. En forma complementaria, es posible utilizar otros sustratos para procesos de co-digestión, como es el caso de las excretas de gallinas y desechos del cultivo de frutas y/o verduras.

No se considera la compra de sustrato para la alimentación del biodigestor anaeróbico. Para este escenario, el sustrato proviene en un 100% de los desechos producidos en el mismo predio.

Nivel de recolección de purines

En este escenario se considera un nivel de estabulación superior en relación al escenario 1 y 2. En el caso de los purines de vacas lecheras, se toma como base un potencial de recolección de purines que alcanza el 12% y un 12% para predios que poseen vacas de engorda.

En el caso de los predios que se enfocan en la cría de cerdos, se ha determinado un 40% de recolección máxima de purines¹⁴⁰.

Tecnología de digestión anaeróbica

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 2¹⁴¹, los biodigestores que poseen aplicación para este escenario corresponden a sistemas tipo laguna cubierta. Si bien es posible implementar biodigestores de mezcla completa (Complete mix reactor), estos requieren niveles de inversión más elevados, por lo que no son rentables considerando el tamaño de operación descrito para el escenario 3.

Los casos exitosos que se analizaron en el capítulo 2, corresponden en general a biodigestores de laguna con cubiertas de polietileno de alta densidad (HDPE), mientras que los reactores de mezcla completa son aplicados principalmente en explotaciones agropecuarias de mediana y gran escala.

Uso del biogás

Con respecto al uso del biogás obtenido, se considera el foco en el autoconsumo, principalmente en el reemplazo de los energéticos utilizados para la operación del predio. Se considera la generación de energía térmica y eléctrica mediante la implementación de equipos de cogeneración, además de energía térmica mediante equipos de calefacción, en particular para aquellos predios que se enfocan en la cría de cerdos.

También es posible su uso en la operación de ordeñadoras y sistemas de refrigeración en lecherías, para lo cual se requiere la implementación de generadores.

Por otra parte, no se considera la posibilidad de vender la energía producida a la red o la venta directa del biogás generado. Esto se debe a que, en general, estos modelos de negocios están orientados a operaciones agropecuarias de mayor tamaño, que son capaces de producir excedentes importantes. Además, los niveles de inversión son mayores lo que impacta directamente en el plazo de recuperación del capital invertido.

¹⁴⁰ Ver punto 4.1.1, variable "Nivel de recolección de purines".

¹⁴¹ Ver punto 2.4 y anexo 5 del presente informe.

Resumen – Aplicabilidad técnica

La siguiente tabla contiene el resumen de la caracterización de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para este escenario.

Tabla 4.55 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 3

Variable	Descripción para el escenario 3
Nivel de electrificación	Nivel de electrificación alto Posibilidad de reemplazar uso de energía eléctrica y térmica.
Zona agroclimática	Entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.
Tipo de sustrato	Purines de vaca (lecherías y engorda) y cerdo. No se considera la compra de sustrato proveniente de otros predios.
Nivel de recolección de purines	Bajo Se estima potencial de recolección de purines de 10% para predios con vacas de engorda, 12% para predios con lecherías y 40% para predios que poseen cerdos.
Tecnología de digestión anaeróbica	Laguna cubierta. Se evalúan 3 tamaños: 50 m ³ , 75 m ³ y 100 m ³
Uso del biogás	Equipos CHP, Generador, Ordeñadoras, Refrigeración, calefacción.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.3.2 Factibilidad económica

Los niveles de inversión resultan clave para determinar la factibilidad económica de implementación para sistemas de generación y uso de biogás en este escenario. Se debe considerar que, debido a la mayor cantidad de animales, y por ende la mayor disponibilidad de sustratos, se requieren biodigestores de mayor tamaño, lo que trae un impacto directo en el costo asociado a la inversión inicial.

Costo de combustibles utilizados actualmente

En relación a los costos de los energéticos que es posible reemplazar mediante la implementación de sistemas para la generación y uso de biogás, se considera la siguiente base de cálculo.

Tabla 4.56 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios

Combustible	Costo actual
Gas licuado de petróleo GLP	\$ 1.310 (kg)
Leña	\$ 25.000 (m3)
Electricidad	\$ 67 (kWh)

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Inversión

Los niveles de inversión para este escenario están asociados al costo del biodigestor, su instalación y los equipos para la generación de energía eléctrica/térmica. En relación al costo de implementación del biodigestor, la siguiente tabla muestra la estimación en relación al tamaño necesario.

Tabla 4.57 Inversión estimada para el biodigestor por tamaño, para el escenario 3

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$)
Biodigestor 1	50	7.250.000
Biodigestor 2	75	10.875.000
Biodigestor 3	100	14.500.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de Lagos Susaeta [55]; Sustentank - Ministerio de Energía [72]; Pérez Medel [52].

En relación a la inversión necesaria en equipos para la generación de energía eléctrica y térmica, la siguiente tabla muestra los valores estimados por tipo de equipo.

Tabla 4.58 Inversión en equipos

Equipo	Costo unitario (\$ pesos)
Generador 2 kW	488.000
Generador 3 kW	1.586.000
Calefactor lechones	18.300
Equipo CHP 10 kW	6.710.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018. A partir de resultados obtenidos en el capítulo 3¹⁴².

Costos operacionales y mantención

La siguiente tabla muestra el resumen de los supuestos utilizados como base de cálculo para los costos operacionales y de mantención en este escenario.

¹⁴² Ver punto 3.2.

Tabla 4.59 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 3

Ítem	Descripción para el escenario 3
Energía utilizada por la planta	No implica costo ya que la planta de biogás no utiliza energía. No se consideran equipos complementarios para el calentamiento del sustrato dentro del biodigestor anaeróbico.
Costo asociado al personal	Se consideran 300 hh/año para trabajos asociados con el biodigestor (para biodigestores de 100 m3). A un costo de \$2.500 por hora.
Insumos de operación	1% del costo de inversión anual
Obras civiles	No requiere obras civiles adicionales durante la operación.
Maquinarias y equipos	Los equipos se reemplazan al final de su vida útil estimada en 10 años para generadores y equipos CHP. En el caso de equipos de calefacción se considera una vida útil de al menos 5 años. Se estima un costo anual de mantención de 1% del costo de inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Ingresos

Para este escenario, los ingresos potenciales se estiman con base en el potencial ahorro en consumo energético que se puede generar en una explotación agropecuaria. Para esto, en primer lugar, se calcula el consumo de biogás promedio para los equipos de generación eléctrica/térmica que es posible implementar.

Tabla 4.60 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo, escenario 3

Equipo	Consumo de biogás (m3/hr)	Tiempo de uso (horas/día)	Cantidad de biogás utilizado al año (m3/año)
Generador 2 kW	2,2	12	9.636
Generador 3 kW	3,5	12	15.330
Calefactor lechones	0,25	6	548
Equipo CHP	5	12	21.550

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de esto, se estima el consumo equivalente en gas licuado y electricidad para cada tipo de equipo, en relación al consumo de biogás estimado previamente.

Tabla 4.61 Volumen de gas licuado y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 3

Equipo	Cantidad de biogás utilizado al año (m ³ /año)	Equivalente a gas licuado (kg/año)	Equivalente a electricidad (kWh/año)
Generador 2 kW	9.636	4.143	67.452
Generador 3 kW	15.330	6.592	107.310
Calefactor lechones	548	235	3.833
Equipo CHP	21.550	9.266	150.847

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Luego, tomando como base el costo de los energéticos¹⁴³ utilizados actualmente por los productores, se estima el valor que puede ser reemplazado mediante el uso de biogás, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.62 Ahorro potencial en gas licuado y electricidad, para el escenario 3

Electrodoméstico	Ahorro en gas licuado (\$/año)	Ahorro en electricidad (\$/año)
Generador 2 kW	5.427.959	4.519.284
Generador 3 kW	8.635.389	7.189.770
Calefactor lechones	308.407	256.778
Equipo CHP	12.138.890	10.106.762

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

De esta manera, de acuerdo a los resultados de la tabla 4.62, un equipo de cogeneración de 10 kW de potencia, permite ahorrar aproximadamente unos \$10 millones de pesos en consumo eléctrico equivalente al año, y \$12 millones de pesos en consumo equivalente a gas licuado, tomando como base un funcionamiento de 12 horas diarias.

Los ahorros que muestra la tabla 4.62 son teóricos y representan un ahorro máximo bajo el supuesto que existe la disponibilidad de biogás descrita en la tabla 4.61. Sin embargo, considerando que en este escenario se tienen hasta 100 cabezas de ganado bovino, el potencial de generación de biogás al año queda limitado por la cantidad de animales disponibles y el potencial de recolección de los purines¹⁴⁴, tal como se muestra en la siguiente tabla.

¹⁴³ Ver tabla 4.56.

¹⁴⁴ Ver punto 4.3.3.1, "Nivel de recolección de purines".

Tabla 4.63 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3

Cantidad de animales (vacas lecheras)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
50	1.950	23.400	2.808
75	2.925	35.100	4.212
100	3.900	46.800	5.616

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la producción potencial de biogás, por tamaño de predio, es la siguiente.

Tabla 4.64 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3

Cantidad de animales (vacas engorda)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
40	1.300	15.600	1.872
65	2.113	25.350	3.042
82	2.665	31.980	3.838

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen cerdos, la producción potencial de biogás, por tamaño de predio, es la siguiente.

Tabla 4.65 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3

Cantidad de animales (cerdos)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
150	1410	16.920	6.768
225	2115	25.380	10.152
300	2820	33.840	13.536

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Los datos presentados en las tablas 4.64 a la 4.66, dan cuenta que los predios que poseen cerdos tienen un potencial de generación de biogás mayor, en relación a los predios que poseen vacas lecheras o de engorda. Esto se debe a que los predios de cerdos tienen niveles de estabulación mayor, debido a que, en general, utilizan sistemas mixtos de pastoreo y estabulación, lo cual tiene un impacto positivo en el potencial de recolección de los estiércoles. En el caso de los predios de vacas lecheras, la recolección de purines es mucho más compleja, ya que estas pasan un tiempo más reducidas en áreas de manejo,

que es la única instancia en donde los estiércoles pueden ser recolectados. La recolección de purines en zonas de pastoreo no es factible.

Acceso a financiamiento y/o subsidios

En este escenario se encuentran operaciones agropecuarias orientadas al ámbito comercial, por lo tanto, existe la posibilidad que accedan a financiamiento privado para la inversión inicial en biodigestores, su instalación y el equipamiento e insumos asociados con esta. Sin embargo, en esta evaluación se pone el foco en la potencial necesidad de subsidios y su magnitud en relación a la inversión inicial requerida.

Resumen – Factibilidad económica

La siguiente tabla muestra el resumen de la caracterización de las variables asociadas a la factibilidad económica para el escenario 3.

Tabla 4.66 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 3

Variable	Descripción para el escenario 3
Costo de combustibles utilizados actualmente	El costo de gas licuado de petróleo y electricidad influye directamente en la factibilidad económica.
Inversión	Entre \$7,2 millones y \$14,5 millones.
Costos operacionales y mantención	El costo de operación anual se estima en 1% de la inversión inicial. El costo de mantención anual se estima en 1% de la inversión inicial. Costo de mano de obra anual corresponde a 300 (hh/año) para trabajos de operación y mantención en biodigestores sobre 100 m ³ , 200 (hh/año) para biodigestores de 75 m ³ y 100 (hh/año) para biodigestores de 50 m ³ . A un costo de \$2.500/hh.
Ingresos	Ahorros en el uso de gas licuado de petróleo GLP y Electricidad.
Acceso a financiamiento y/o subsidios	Se determina la magnitud de los subsidios necesarios para el financiamiento de la inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.3.3 Indicadores financieros asociados al escenario 3

A partir de los supuestos descritos para las variables asociadas con la aplicabilidad técnica y factibilidad económica, se estima los beneficios potenciales que se obtienen de la implementación de un sistema de generación y uso de biogás para el escenario 3. Para esto se utilizó una tasa de descuento de referencia de 10% y un horizonte de evaluación de 5 años.

Reemplazo gas licuado de petróleo

Tomando como base de comparación el potencial de reemplazo de gas licuado de petróleo, los resultados de la evaluación económica, por tamaño de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.67 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para el escenario 3

Tamaño biodigestor	Inversión inicial	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro GLP Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
50	13.978.300	2.808	1.207	1.581.746	529.566	- 9.989.708	-25,7%
75	17.603.300	4.212	1.811	2.372.620	852.066	-11.839.206	-22,7%
100	21.228.300	5.616	2.415	3.163.493	1.174.566	-13.688.703	-20,9%
Predios de vacas de engorda							
50	13.978.300	1.872	805	1.054.498	529.566	-11.988.396	-38,3%
75	17.603.300	3.042	1.308	1.713.559	852.066	-14.337.565	-33,9%
100	21.228.300	3.838	1.650	2.161.720	1.174.566	-17.486.209	-34,8%
Predios de cerdos							
50	13.978.300	6.768	2.910	3.812.414	529.566	- 1.533.722	5,6%
75	17.603.300	10.152	4.365	5.718.622	852.066	844.775	11,9%
100	21.228.300	13.536	5.820	7.624.829	1.174.566	3.223.271	15,8%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de los resultados de la evaluación económica, se observa que para los 3 tamaños de biodigestor evaluado, tanto para predios de vacas lecheras como de engorda, no es posible recuperar la inversión inicial mediante ahorros en energéticos para un horizonte de evaluación de 5 años. Esto implica que se requieren subsidios que permitan financiar los gastos iniciales de implementación, particularmente para la compra e instalación del biodigestor y los equipos de generación eléctrica/térmica.

En el caso de los predios que poseen vacas lecheras, el subsidio requerido disminuye a medida que la operación tiene un mayor tamaño. La magnitud del subsidio en relación a la inversión inicial fluctúa entre un 64% para biodigestores de 100 m3, y 71% para biodigestores de 50 m3, tal como muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.68 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	9.989.708	71,5%
75	17.603.300	11.839.206	67,3%
100	21.228.300	13.688.703	64,5%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la magnitud del subsidio requerido es mayor, en relación a los predios que poseen vacas lecheras. Esto se debe a que la baja estabulación en este tipo de campos permite un potencial de recolección de purines menor. La siguiente tabla describe el subsidio requerido para estas instalaciones, en relación a la inversión inicial.

Tabla 4.69 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen vacas de engorda

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	11.660.780	83,4%
75	17.603.300	13.531.604	76,9%
100	21.228.300	16.033.146	75,5%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

El caso de los predios que poseen cerdos difiere radicalmente, en relación a los predios de vacas (lecherías y engorda). Esto se explica por un mayor nivel de estabulación general en este tipo de predios, lo que aumenta el potencial de recolección de purines para la alimentación del biodigestor. En este caso, se requeriría un subsidio sólo para el biodigestor de menor tamaño (50 m2), el que alcanzaría el 11% de los montos de inversión inicial, mientras que para biodigestores de 75 m3 y 100 m3, los ahorros generados en GLP permiten rentabilizar su instalación en un período de 5 años.

Tabla 4.70 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de GLP en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	1.533.722	11,0%
75	17.603.300	-	-
100	21.228.300	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Los resultados expuestos dan cuenta de una fuerte relación entre los niveles de estabulación del ganado bovino/porcino y la rentabilidad de plantas de biogás a pequeña escala. A medida que la estabulación es mayor, los proyectos se vuelven más rentables, permitiendo reemplazar un mayor volumen de los energéticos utilizados para la operación del precio, mientras que, en campos con bajo nivel de estabulación, se requieren subsidios que financien una parte importante de la inversión inicial en equipos e instalación del sistema, ya que, de otra manera, los ahorros generados no son suficientes para recuperar la inversión inicial en un plazo de 5 años.

Reemplazo electricidad

Tomando como base de comparación, el potencial de reemplazo de consumo de electricidad, los resultados de la evaluación económica para el escenario 3 son los siguientes.

Tabla 4.71 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para el escenario 3

Tamaño biodigestor	Inversión inicial (\$)	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente Electricidad (kWh)	Ahorro Electricidad Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
50 m3	13.978.300	2.808	19.656	1.316.952	529.566	- 10.993.488	-31,4%
75 m3	17.603.300	4.212	29.484	1.975.428	852.066	- 13.344.874	-29,0%
100 m3	21.228.300	5.616	39.312	2.633.904	1.174.566	- 15.696.261	-27,5%
Predios de vacas de engorda							
50 m3	13.978.300	1.872	14.414	965.765	529.566	- 12.324.763	-41,2%
75 m3	17.603.300	3.042	21.294	1.426.698	852.066	- 15.424.993	-40,5%
100 m3	21.228.300	3.838	26.863	1.799.834	1.174.566	- 18.858.041	-42,0%
Predios de cerdos							
50 m3	13.978.300	6.768	47.376	3.174.192	529.566	- 3.953.087	-1,8%
75 m3	17.603.300	10.152	71.064	4.761.288	852.066	- 2.784.273	3,6%
100 m3	21.228.300	13.536	94.752	6.348.384	1.174.566	- 1.615.459	7,0%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Cuando la evaluación se realiza comparando el reemplazo potencial de consumo eléctrico mediante el uso de biogás, para los 3 tamaños de biodigestores evaluados no es posible recuperar la inversión inicial en un plazo de 5 años. Esto se observa en la tabla 4.72, donde en todos los escenarios, tanto para predios de vacas lecheras, vacas de engorda y cerdos, el VAN resulta ser negativo.

Los resultados siguen la misma tendencia en relación a la evaluación del reemplazo de gas licuado de petróleo, ya que a medida que el predio tiene un mayor tamaño, el beneficio obtenido es mayor. Sin embargo, en todos los casos, es necesario incorporar subsidios

para financiar la inversión inicial en equipamiento e instalaciones, ya que los ahorros generados no son suficientes.

La siguiente tabla muestra la magnitud de los subsidios que son requeridos para predios que poseen vacas lecheras, y que alcanzan entre el 73% y el 78% de la inversión inicial total, dependiendo del tamaño del biodigestor.

Tabla 4.72 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen vacas lecheras

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	10.993.488	78,6%
75	17.603.300	13.344.874	75,8%
100	21.228.300	15.696.261	73,9%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la magnitud de los subsidios alcanza un 88% de la inversión total que se requiere para la implementación, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.73 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen vacas de engorda

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	12.324.763	88,2%
75	17.603.300	15.424.993	87,6%
100	21.228.300	18.858.041	88,8%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para los predios que poseen cerdos, la magnitud de los subsidios requeridos es significativamente menor.

Debido a la mayor disponibilidad de sustrato, un proyecto para implementar un sistema de generación y uso de biogás en criaderos de cerdos resulta más atractivo desde el punto de vista económico. La siguiente tabla muestra los subsidios que eventualmente serían requeridos en este tipo de predios.

Tabla 4.74 Monto de subsidio estimado para el escenario 3, reemplazo de consumo de electricidad en predios que poseen cerdos

Tamaño de biodigestor (m3)	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
50	13.978.300	3.953.087	28,3%
75	17.603.300	2.784.273	15,8%
100	21.228.300	1.615.459	7,6%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.4 Escenario 4: Mediana operación agropecuaria

En este escenario se consideran operaciones agropecuarias medianas, que poseen entre 101 y 300 cabezas de ganado bovino, ó entre 301 y 900 porcinos, ó entre 501 y 1.000 gallinas. En general, se compone de explotaciones de mediana escala de carácter comercial.

A continuación, se describen los supuestos utilizados para caracterizar la aplicabilidad técnica y factibilidad económica para el escenario 4, en término de las variables descritas en el punto 4.1.

4.3.4.1 Aplicabilidad técnica

A continuación se describen los supuestos utilizados para la evaluación de la aplicabilidad técnica.

Nivel de electrificación

Se considera un nivel de electrificación alto por parte de los productores agropecuarios que forman parte de este escenario. Considerando que se trata de empresas medianas, la disponibilidad de energía eléctrica alcanza a la mayor parte de los productores, mientras que aquellos que se encuentran en predios sin electrificación representan casos aislados dentro del escenario global.

Zona agroclimática

Se considera como regiones de potencial implementación desde Coquimbo hasta Los Lagos, tomando en cuenta la disponibilidad de sustrato y la mayor concentración de productores agropecuarios medianos.

Tipo de sustrato

Para este escenario, se considera como sustrato a los purines de vacas (lecherías y explotaciones de vacas de engorda) y purines de cerdo. En forma complementaria, es posible utilizar otros sustratos para procesos de co-digestión, como es el caso de las excretas de gallinas y desechos vegetales de frutas y/o verduras, como por ejemplo los desechos de poda, cultivos, etc.

Nivel de recolección de purines

En este escenario se considera un nivel de estabulación superior en relación al escenario 1 y 2. En el caso de los purines de vacas lecheras, se toma como base un potencial de recolección de purines que alcanza el 20% y un 15% para predios que poseen vacas de engorda.

En el caso de los predios que se enfocan en la cría de cerdos, se ha determinado un 40% de recolección máxima de purines¹⁴⁵.

Tecnología de digestión anaeróbica

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 2¹⁴⁶, los biodigestores que poseen aplicación para este escenario corresponden a sistemas de tanque de mezcla completa (Complete mix reactor) y reactores horizontales de flujo pistón (Plug flow).

Por otra parte, también existe la posibilidad de implementar sistemas de laguna cubierta en paralelo, es decir, dependiendo de la disponibilidad de sustrato se pueden instalar 2 o 3 biodigestores de laguna cubierta en serie.

Uso del biogás

Se considera el foco en el autoconsumo, principalmente en el reemplazo de los energéticos utilizados para la operación del predio, ya sea en la operación de lecherías, crianza de vacas de engorda o criaderos de cerdos. Se considera la generación de energía térmica y eléctrica mediante la implementación de equipos de cogeneración, además de energía térmica mediante equipos de calefacción. También es posible utilizar la energía generada en sistemas de refrigeración, generación de vapor o calentamiento de agua, entre otros.

Resumen – Aplicabilidad técnica

La siguiente tabla contiene el resumen de la caracterización de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para este escenario

Tabla 4.75 Resumen de las variables asociadas con la aplicabilidad técnica para el escenario 4

Variable	Descripción para el escenario 4
Nivel de electrificación	Nivel de electrificación alto Posibilidad de reemplazar uso de energía eléctrica y térmica.
Zona agroclimática	Foco entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos.
Tipo de sustrato	Purines de vaca (lecherías y engorda) y purines de cerdo. No se considera la compra de sustrato proveniente de otros predios.

¹⁴⁵ Ver punto 4.1.1.

¹⁴⁶ Ver punto 2.4 y anexo 5 del presente Informe.

Nivel de recolección de purines	Bajo Se estima potencial de recolección de purines de 20% para predios con vacas de engorda, 15% para predios con lecherías y 40% para predios que poseen cerdos.
Tecnología de digestión anaeróbica	Tanque de mezcla completa Tanque horizontal de flujo pistón Se evalúan 3 tamaños: 120 m ³ , 200 m ³ y 300 m ³
Uso del biogás	Equipos CHP, Generador, Ordeñadoras, Refrigeración, Generación de vapor, Calefacción de criaderos.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.4.2 Factibilidad económica

En el escenario 4, los niveles de inversión requeridos para la implementación de reactores anaeróbicos de mezcla completa implican un nivel de inversión significativamente superior en relación a otros tipos de biodigestores (tal como los presentados en los escenarios 1 al 3).

Costo de combustibles utilizados actualmente

Al Igual que en los escenarios descritos previamente, se considera el costo actual de los energéticos que es posible reemplazar mediante la implementación de sistemas para la generación y uso de biogás. Los costos actuales utilizados como base para el cálculo son los siguientes.

Tabla 4.76 Costos de combustibles y electricidad utilizados actualmente por pequeños productores agropecuarios

Combustible	Costo actual
Gas licuado de petróleo GLP	\$ 1.310 (kg)
Leña	\$ 25.000 (m ³)
Electricidad	\$ 67 (kWh)

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Inversión

En este escenario se considera el costo de inversión asociado a la construcción e instalación del biodigestor, junto con el costo asociado a los equipos para la generación de energía eléctrica/térmica.

En el caso del costo de inversión asociado al biodigestor, se consideran los dos tipos de biodigestor que aplican para este escenario, es decir, el reactor de mezcla completa y el reactor horizontal de flujo pistón. La siguiente tabla describe el nivel de inversión promedio que se requiere, considerando 3 tamaños de biodigestor.

Tabla 4.77 Inversión estimada para el biodigestor de mezcla completa, por tamaño de biodigestor, para el escenario 4

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$)
Biodigestor 1	120	38.500.000
Biodigestor 2	200	42.250.000
Biodigestor 3	300	46.000.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de Lagos Susaeta [55]; Sustentank - Ministerio de Energía [72]; Pérez Medel [52]; Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) [56].

En relación al reactor horizontal de flujo pistón, el costo de inversión promedio por tamaño es el siguiente.

Tabla 4.78 Inversión estimada para el biodigestor de flujo pistón, por tamaño de biodigestor, para el escenario 4

Biodigestor	Tamaño (m3)	Inversión (\$)
Biodigestor 1	120	23.100.000
Biodigestor 2	200	25.350.000
Biodigestor 3	300	27.600.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018, a partir de Lagos Susaeta [55]; Sustentank - Ministerio de Energía [72]; Pérez Medel [52]; Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) [56].

En relación a la inversión necesaria en equipos para la generación de energía eléctrica y térmica, la siguiente tabla muestra los valores estimados por tipo de equipo.

Tabla 4.79 Inversión en equipos

Equipo	Costo unitario (\$ pesos)
Generador 6 kW	3.782.000
Calefactor lechones	18.300
Equipo CHP 30 kW	10.980.000

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018. A partir de resultados obtenidos en el capítulo 3.

Costos operacionales y mantención

La siguiente tabla muestra el resumen de los supuestos utilizados como base de cálculo para los costos operacionales y de mantención en este escenario.

Tabla 4.80 Costos de operación y mantención para la instalación de biogás para el escenario 4

Ítem	Descripción para el escenario 4
Energía utilizada por la planta	No implica costo ya que la planta de biogás no utiliza energía. No se consideran equipos complementarios para el calentamiento del sustrato dentro del biodigestor anaeróbico.
Costo asociado al personal	Se consideran 500 hh/año para trabajos asociados con el biodigestor (para biodigestores de 300 m3). A un costo de \$2.500 por hora.
Insumos de operación	1% del costo de inversión anual
Obras civiles	No requiere obras civiles adicionales durante la operación.
Maquinarias y equipos	Los equipos se reemplazan al final de su vida útil estimada en 10 años para generadores y equipos CHP. En el caso de equipos de calefacción se considera una vida útil de al menos 5 años. En el caso del biodigestor se estima una vida útil superior a los 20 años para el reactor de mezcla completa y entre 15 y 20 años para el reactor horizontal tipo flujo pistón (Plug Flow). Se estima un costo anual de mantención de 1% del costo de inversión inicial.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Ingresos

Los ingresos corresponden al potencial ahorro en consumo energético que se puede generar en una explotación agropecuaria mediana¹⁴⁷. Para esto, en primer lugar, se calcula el consumo de biogás promedio para los equipos de generación eléctrica/térmica que es posible implementar.

¹⁴⁷ Tal como se menciona en el punto 4.1, para esta evaluación no se considera la venta de energía o venta de biogás.

Tabla 4.81 Consumo de biogás utilizado por tipo de equipo, escenario 4

Equipo	Consumo de biogás (m3/hr)	Tiempo de uso (horas/día)	Cantidad de biogás utilizado al año (m3/año)
Generador 2 kW	2,2	12	9.636
Generador 3 kW	3,5	12	15.330
Calefactor lechones	0,25	6	548
Equipo CHP	7	12	30.660

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir de esto, se estima el consumo equivalente en gas licuado de petróleo y consumo de electricidad para cada tipo de equipo, en relación al consumo de biogás promedio descrito previamente.

Tabla 4.82 Volumen de gas licuado y electricidad que es posible reemplazar con el biogás generado, para el escenario 4

Equipo	Cantidad de biogás utilizado al año (m3/año)	Equivalente a gas licuado (kg/año)	Equivalente a electricidad (kWh/año)
Generador 2 kW	9.636	4.143	67.452
Generador 3 kW	15.330	6.592	107.310
Calefactor lechones	548	235	3.833
Equipo CHP	30.660	13.184	214.620

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

A partir del costo actual de los energéticos¹⁴⁸ utilizados por los medianos productores agropecuarios, se estima el valor que puede ser reemplazado mediante el uso de biogás, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.83 Ahorro potencial en gas licuado de petróleo y electricidad, para el escenario 4

Electrodoméstico	Ahorro en gas licuado (\$/año)	Ahorro en electricidad (\$/año)
Generador 2 kW	5.427.959	4.519.284
Generador 3 kW	8.635.389	7.189.770
Calefactor lechones	308.407	256.778
Equipo CHP	17.270.778	14.379.540

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el escenario 4, considerando que se tienen hasta 300 cabezas de ganado bovino, el potencial de generación de biogás al año queda limitado por la cantidad de animales disponibles y el potencial de recolección de los purines¹⁴⁹, tal como se muestra en la siguiente tabla.

¹⁴⁸ Ver tabla 4.76.

¹⁴⁹ Ver punto 4.3.4.1, "Nivel de recolección de purines".

Tabla 4.84 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas lecheras, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 4

Cantidad de animales (vacas lecheras)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
100	3.900	46.800	9.360
165	6.435	77.220	15.444
260	10.140	121.680	24.336

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la producción potencial de biogás, por tamaño de predio, es la siguiente.

Tabla 4.85 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de vacas de engorda, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 4

Cantidad de animales (vacas engorda)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
120	3.900	46.800	5.616
200	6.500	78.000	9.360
300	9.750	117.000	14.040

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de los predios que poseen cerdos, la producción potencial de biogás, por tamaño de predio, es la siguiente.

Tabla 4.86 Producción de biogás anual para distintos tamaños de predios de cerdos, considerando restricciones en la recolección de purines para el escenario 3

Cantidad de animales (cerdos)	Producción de biogás mensual máxima (m3/mes)	Producción de biogás anual máxima (m3/año)	Producción de biogás anual potencial, considerando las limitaciones en la recolección de purines (m3/año)
320	3.008	36.096	14.438
600	5.640	67.680	27.072
900	8.460	101.520	40.608

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En los datos presentados en las tablas 4.84 a la 4.86, se observa que los predios dedicados a la cría de cerdos tienen un potencial de generación de biogás mayor, en relación a los predios que poseen ganado bovino (vacas lecheras y de engorda), lo que se debe a que, en general, estos predios poseen un nivel de estabulación mayor, lo que implica un mayor potencial de recolección de purines.

Acceso a financiamiento y/o subsidios

En el escenario 4, considerando que las operaciones agropecuarias corresponden en general a empresas medianas, existe la posibilidad de acceder a financiamiento privado por parte de la banca tradicional. Sin embargo, en la presente evaluación, se considera la posibilidad de acceder a subsidios, determinando la magnitud que estos deberán tener con el objetivo de hacer frente a los montos involucrados en la inversión inicial en equipamiento e instalaciones.

Resumen – Factibilidad económica

La siguiente tabla muestra el resumen de la caracterización de las variables asociadas a la factibilidad económica para el escenario 4.

Tabla 4.87 Resumen de las variables asociadas con la factibilidad económica para el escenario 3

Variable	Descripción para el escenario 3
Costo de combustibles utilizados actualmente	El costo actual de los energéticos utilizados por explotaciones agropecuarias medianas incide de forma directa en la evaluación económica asociada a la instalación de un sistema para la generación y uso de biogás.
Inversión	Entre \$38,5 millones y \$46 millones para tanque de mezcla completa (Complete mix reactor). Entre \$23,1 millones y \$27,6 millones para tanque horizontal de flujo pistón (Plug flow reactor).
Costos operacionales y mantención	El costo de operación anual se estima en 1% de la inversión inicial. El costo de mantención anual se estima en 1% de la inversión inicial. Costo de mano de obra anual corresponde a 500 (hh/año) para trabajos de operación y mantención en biodigestores de 300 m ³ , 400 (hh/año) para biodigestores de 200 m ³ y 350 (hh/año) para biodigestores de 120 m ³ . A un costo de \$2.500/hh.
Ingresos	Ahorros asociados al uso de energéticos para la operación del predio (Gas licuado de petróleo y Electricidad de la red pública).

Acceso a financiamiento y/o subsidios	Magnitud de los subsidios necesarios para el financiamiento de la inversión inicial (Costo de equipos e instalación).
---------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

4.3.4.3 Indicadores financieros asociados al escenario 4

A partir de los supuestos descritos anteriormente, se estiman los beneficios potenciales que se obtienen de la implementación de un sistema de generación y uso de biogás para el escenario 4. Para esto se utilizó una tasa de descuento de referencia de 10% y un horizonte de evaluación de 5 años.

Reemplazo gas licuado de petróleo

Tomando como base de comparación el potencial de reemplazo de gas licuado de petróleo (GLP), los resultados de la evaluación económica, por tamaño de biodigestor, son los siguientes.

Reactor de mezcla completa

Para el caso de un reactor de mezcla completa (Complete mix reactor), los resultados financieros de su implementación, para distintos tamaños de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.88 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para un biodigestor de mezcla completa en el escenario 4

Tamaño biodigestor	Inversión inicial	Producción de biogás (m ³ /año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro GLP Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
120 m ³	49.480.000	9.360	4.025	5.272.488	1.864.600	- 36.561.423	-27,5%
200 m ³	53.230.000	15.444	6.641	8.699.605	2.064.600	- 28.078.110	-13,9%
300 m ³	56.980.000	24.336	10.464	13.708.469	2.389.600	- 14.072.582	-0,2%
Predios de vacas de engorda							
120 m ³	49.480.000	7.020	3.019	3.954.366	1.864.600	- 41.558.143	-36,4%
200 m ³	53.230.000	11.700	5.031	6.590.610	2.064.600	- 36.072.861	-23,1%
300 m ³	56.980.000	17.550	7.547	9.885.915	2.389.600	- 28.563.068	-12,5%
Predios de cerdos							
120 m ³	49.480.000	14.438	6.209	8.133.151	1.864.600	- 25.717.261	-13,5%
200 m ³	53.230.000	27.072	11.641	15.249.658	2.064.600	- 3.248.258	7,6%
300 m ³	56.980.000	40.608	17.461	22.874.486	2.389.600	20.673.836	23,4%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Se observa que a medida que el predio tiene un mayor tamaño, los beneficios potenciales son mayores. Sin embargo, sólo para el caso de un biodigestor de 300 m³ en un predio de crianza de cerdos, es posible recuperar la inversión inicial en un período de 5 años. Para el resto de tamaños de biodigestor evaluados, los beneficios obtenidos, es decir, el ahorro generado en energéticos mediante el uso de biogás, no permite financiar los costos en equipamiento e instalación.

En el caso de requerir subsidios para el financiamiento de la inversión inicial, su magnitud fluctúa entre un 24% y un 74% de los costos iniciales, para un predio que posee vacas lecheras, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.89 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m ³	49.480.000	36.561.423	73,9%
200 m ³	53.230.000	28.078.110	52,7%
300 m ³	56.980.000	14.072.582	24,7%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen vacas de engorda, la magnitud de los subsidios es relativamente mayor, alcanzando un 84% de la inversión inicial para un biodigestor de 120 m³, lo que disminuye para biodigestores de mayor tamaño, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.90 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m ³	49.480.000	41.558.143	84,0%
200 m ³	53.230.000	36.072.861	67,8%
300 m ³	56.980.000	28.563.068	50,1%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen cerdos, el subsidio requerido varía entre un 6% y 52%, para biodigestores de 200 m³ y 120 m³ respectivamente, mientras que para el biodigestor de 300 m³, no se requiere subsidio, ya que los ahorros generados por la instalación de biogás permiten recuperar la inversión inicial en un período de 5 años, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.91 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de GLP en predios de cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	49.480.000	25.717.261	52,0%
200 m3	53.230.000	3.248.258	6,1%
300 m3	56.980.000	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Rector horizontal de flujo pistón

Para el caso de un reactor horizontal tipo flujo pistón (Plug flow reactor), los resultados financieros de su implementación, para distintos tamaños de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.92 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de gas licuado de petróleo, para un biodigestor de flujo pistón en el escenario 4

Tamaño biodigestor	Inversión inicial	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro GLP Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
120 m3	34.080.000	9.360	4.025	5.272.488	1.864.600	- 21.161.423	-19,4%
200 m3	36.330.000	15.444	6.641	8.699.605	2.064.600	- 11.178.110	-3,0%
300 m3	38.580.000	24.336	10.464	13.708.469	2.389.600	4.327.418	14,3%
Predios de vacas de engorda							
120 m3	34.080.000	7.020	3.019	3.954.366	1.864.600	- 26.158.143	-29,8%
200 m3	36.330.000	11.700	5.031	6.590.610	2.064.600	- 19.172.861	-14,0%
300 m3	38.580.000	17.550	7.547	9.885.915	2.389.600	- 10.163.068	-1,0%
Predios de cerdos							
120 m3	34.080.000	14.438	6.209	8.133.151	1.864.600	- 10.317.261	-2,7%
200 m3	36.330.000	27.072	11.641	15.249.658	2.064.600	13.651.742	23,8%
300 m3	38.580.000	40.608	17.461	22.874.486	2.389.600	39.073.836	44,7%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Los resultados dan cuenta de una mayor rentabilidad de proyectos de generación y uso de biogás que utilizan biodigestores horizontales tipo flujo pistón. Esto se debe a que este tipo de biodigestor requiere una inversión significativamente menor en relación a los de tipo mezcla completa.

En el caso de los predios que poseen vacas lecheras, se destaca que en el caso de biodigestores de 300 m3, la evaluación da cuenta de una TIR positiva de 14% y una recuperación de la inversión inicial al año 5. Lo mismo ocurre para los predios que poseen

cerdos, donde para biodigestores de 200 m³ y 300 m³, la evaluación económica es positiva, lo cual indica que los ahorros generados por el uso del biogás, permiten que la recuperación de la inversión inicial dentro del período considerado como base para la evaluación.

En relación con los subsidios que eventualmente serían requeridos para financiar una instalación de generación y uso de biogás, para este escenario, estos disminuyen significativamente en magnitud, en relación a los reactores de mezcla completa (Complete mix reactor), fluctuando entre un 30% y un 62% para tamaños de 200 m³ y 120 m³ respectivamente (para el caso de predios que poseen vacas lecheras), tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.93 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m ³	34.080.000	21.161.423	62,1%
200 m ³	36.330.000	11.178.110	30,8%
300 m ³	38.580.000	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el caso de predios que poseen vacas de engorda, la magnitud de los subsidios requeridos fluctúa entre un 26% y un 76%, dependiendo del tamaño del biodigestor, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.94 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m ³	34.080.000	26.158.143	76,8%
200 m ³	36.330.000	19.172.861	52,8%
300 m ³	38.580.000	10.163.068	26,3%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen cerdos, sólo serían requeridos subsidios en el caso de los biodigestores de menor tamaño, el que alcanzaría a un 30% de los montos involucrados en la inversión de equipos e instalación, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.95 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de GLP en predios de cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	34.080.000	10.317.261	30,3%
200 m3	36.330.000	-	-
300 m3	38.580.000	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Reemplazo electricidad

Tomando como base de comparación, el potencial de reemplazo de consumo de electricidad, los resultados de la evaluación económica para el escenario 4 son los siguientes.

Reactor de mezcla completa

Para el caso de un reactor de mezcla completa (Complete mix reactor), los resultados financieros de su implementación, para distintos tamaños de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.96 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para un biodigestor de mezcla completa en el escenario 4

Tamaño biodigestor	Inversión inicial	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro Electricidad Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
120 m3	49.480.000	9.360	65.520	4.389.840	1.864.600	- 39.907.354	-33,2%
200 m3	53.230.000	15.444	108.108	7.243.236	2.064.600	- 33.598.895	-20,0%
300 m3	56.980.000	24.336	170.352	11.413.584	2.389.600	- 22.772.001	-7,3%
Predios de vacas de engorda							
120 m3	49.480.000	7.020	49.140	3.292.380	1.864.600	- 44.067.590	-42,3%
200 m3	53.230.000	11.700	81.900	5.487.300	2.064.600	- 40.255.274	-28,9%
300 m3	56.980.000	17.550	122.850	8.230.950	2.389.600	- 34.836.688	-18,8%
Predios de cerdos							
120 m3	49.480.000	14.438	101.069	6.771.610	1.864.600	- 30.878.573	-19,6%
200 m3	53.230.000	27.072	189.504	12.696.768	2.064.600	- 12.925.718	-0,04%
300 m3	56.980.000	40.608	284.256	19.045.152	2.389.600	6.157.646	14,1%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso que sean requeridos subsidios para financiar los montos involucrados en equipamiento e instalaciones, estos alcanzarían entre un 40% y un 80% para predios de

vacas lecheras, dependiendo del tamaño del biodigestor involucrado, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.97 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	49.480.000	39.907.354	80,7%
200 m3	53.230.000	33.598.895	63,1%
300 m3	56.980.000	22.772.001	40,0%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de predios que poseen vacas de engorda, la magnitud de los subsidios requeridos alcanza entre un 61% y un 89% de la inversión inicial, dependiendo del tamaño del biodigestor, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.98 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	49.480.000	44.067.590	89,1%
200 m3	53.230.000	40.255.274	75,6%
300 m3	56.980.000	34.836.688	61,1%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los predios que poseen cerdos, el subsidio requerido fluctúa entre un 24% y un 62% de la inversión inicial en equipamiento e instalaciones, para biodigestores de 200 m3 y 120 m3 respectivamente. En el caso de biodigestores de 300 m3, no serían requeridos subsidios, considerando que los ahorros generados por el uso del biogás permitirían recuperar la inversión en equipamiento e instalaciones dentro de los primeros 5 años de operación, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.99 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor de mezcla completa, para reemplazo de electricidad en predios de cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	49.480.000	30.878.573	62,4%
200 m3	53.230.000	12.925.718	24,3%
300 m3	56.980.000	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Rector horizontal de flujo pistón

Para el caso de un reactor horizontal tipo flujo pistón (Plug flow reactor), los resultados financieros de su implementación, para distintos tamaños de biodigestor, son los siguientes.

Tabla 4.100 Evaluación económica considerando el reemplazo en el uso de electricidad, para un biodigestor de flujo pistón en el escenario 4

Tamaño biodigestor	Inversión inicial	Producción de biogás (m3/año)	Equivalente GLP (kg)	Ahorro Electricidad Anual (\$)	Mantenimiento y operación anual (\$)	VAN 5 años (\$)	TIR 5 años (%)
Predios de vacas lecheras							
120 m3	34.080.000	9.360	65.520	4.389.840	1.556.600	- 23.339.791	-23,6%
200 m3	36.330.000	15.444	108.108	7.243.236	1.726.600	- 15.417.609	-8,5%
300 m3	38.580.000	24.336	170.352	11.413.584	2.021.600	- 2.976.991	6,9%
Predios de vacas de engorda							
120 m3	34.080.000	7.020	49.140	3.292.380	1.556.600	- 27.500.028	-33,2%
200 m3	36.330.000	11.700	81.900	5.487.300	1.726.600	- 22.073.988	-18,6%
300 m3	38.580.000	17.550	122.850	8.230.950	2.021.600	- 15.041.678	-6,8%
Predios de cerdos							
120 m3	34.080.000	14.438	101.069	6.771.610	1.556.600	- 14.311.011	-8,3%
200 m3	36.330.000	27.072	189.504	12.696.768	1.726.600	5.255.568	15,5%
300 m3	38.580.000	40.608	284.256	19.045.152	2.021.600	25.952.656	33,9%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En relación con los subsidios que eventualmente son requeridos para financiar una instalación de generación y uso de biogás en este escenario, estos fluctúan entre un 7% y un 68% para tamaños de 300 m3 y 120 m3 respectivamente, para planteles de vacas lecheras, tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 4.101 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de vacas lecheras

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	34.080.000	23.339.791	68,5%
200 m3	36.330.000	15.417.609	42,4%
300 m3	38.580.000	2.976.991	7,7%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso de los planteles de vacas de engorda, la magnitud de los subsidios requeridos alcanza entre un 39% y un 80% dependiendo del tamaño del biodigestor, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.102 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de vacas de engorda

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	34.080.000	27.500.028	80,7%
200 m3	36.330.000	22.073.988	60,8%
300 m3	38.580.000	15.041.678	39,0%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para plantales de cerdos, se requerirían subsidios sólo para biodigestores de 120 m3, cuya magnitud alcanza un 42% respectivamente de los montos involucrados en la compra de equipos y su instalación. Para el caso de biodigestores de 200 m3 y 300 m3, los ahorros generados mediante el uso del biogás, permiten recuperar la inversión inicial en equipamiento e instalaciones en un período de 5 años, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.103 Monto de subsidio estimado para el escenario 4 considerando un reactor flujo pistón, para reemplazo de electricidad en predios de cerdos

Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (\$)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total
120 m3	34.080.000	14.311.011	42,0%
200 m3	36.330.000	-	-
300 m3	38.580.000	-	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

CAPÍTULO 5:
COMENTARIOS FINALES

5 COMENTARIOS FINALES

Un supuesto base para la realización de este estudio es que en Chile, el biogás es una industria en desarrollo que muestra una gran diversidad de tecnologías, dimensión, diversidad de sustratos, modelos de uso de biogás, y por sobre todo, una gran dispersión en estándares de seguridad, lo que implica diferentes niveles de riesgos.

En el entendido que a nivel internacional existe un desarrollo constante de tecnologías en torno a la generación y uso de biogás, orientados a que estas sean más eficientes y sustentables, y por ende con estándares de seguridad más elevados, el presente informe ha seguido los lineamientos metodológicos de la Vigilancia Tecnológica consistente en un proceso de preparación, búsqueda, captura, procesamiento y análisis de información científico-tecnológica el cual refleja una visión sistemática de diferentes aspectos del conocimiento del biogás, incluyendo investigaciones y tecnologías existentes y aplicables al proceso de producción, empresas e instituciones dedicadas tanto al estudio e investigación como a la utilización del biogás, países referentes mundiales, entre otros.

De este modo, y luego de realizar un recorrido por las distintas tecnologías de generación de biogás, se tiene lo siguiente:

Respecto del panorama científico

La captura y análisis de información se realizó para los años 2012-2017, identificándose 1.402 publicaciones científicas. En este ámbito, se evidencia que el liderazgo por actores ha sido dominado por parte de países como China, India, Alemania y España, relegando a Estados Unidos a un sexto lugar con 91 publicaciones en el periodo analizado. En cuanto a las instituciones involucradas en este desarrollo, si bien habitualmente a nivel científico la participación de empresas es escasa, se ha podido observar que en términos de tecnologías de producción de biogás estas alcanzan un número importante dentro del total de instituciones identificadas, pero aún su participación en cuanto al número de publicaciones por año sigue siendo bajo.

En materia de desarrollo científico nacional se aprecia una baja productividad, con 11 publicaciones entre el 2012 y 2017, destacando entre las instituciones la Universidad de Concepción con 4 de ellas. Destaca también, por su alta aplicabilidad, el desarrollo de la empresa nacional Procycla SpA, quien ha diseñado y desarrollado un digestor anaerobio de “flujo-pistón modificado”, llamado Módulo de Digestión Anaerobia (MDA) que se caracteriza porque el reactor incluye una agitación de los lodos internos mediante reinyección del biogás recirculado, cuenta con un sistema de control predictivo basado en el modelo biológico del proceso de digestión anaerobia, etc.

Entre los temas que emergen hacia finales del periodo con una baja frecuencia de aparición y que podrían representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación, destacan: (i) Nuevas configuraciones de biodigestores destinados a mejorar la valorización de residuos y producción de biogás, (ii) procesos combinados de purificación de biogás, (iii) Monitoreo remoto de la producción de biogás, (iv) Digestión anaeróbica

asistida por IVS (*Intermittent-vacuum stripping*), (v) Digestión anaeróbica asistida por fotosíntesis, (vi) Procesos de reducción de amoníaco, (vii) Pretratamiento de sustratos con ultrasonido y el (ix) Cometabolismo anaeróbico.

Respecto al panorama tecnológico

Para el período 2012-2017 se identificaron 1.117 documentos de patentes internacionales que hacen referencia a nuevos métodos, procesos, sistemas y equipos para la producción de biogás a partir de desechos de la agroindustria. La tendencia en el nivel de patentamiento se ha mantenido estable en los últimos años, mientras que en relación a los actores líderes, el patentamiento de nuevos desarrollos se ha concentrado principalmente en Estados Unidos, Canadá y Alemania. A nivel de empresas se destaca a las compañías Xyleco Inc., Anaergía Inc. y Novozymes AS. También se han identificado empresas líderes en patentamiento en países como Suiza, Francia e India.

El análisis de las principales áreas tecnológicas para el período 2012-2017, da cuenta de un alto nivel de patentamiento en temas asociados a la preparación de hidrocarburos, el tratamiento anaerobio, la producción de metano mediante procesos anaerobios y otros procedimientos de digestión anaerobia. Por otra parte, al analizar el surgimiento de áreas tecnológicas emergentes, es decir, que tienen una aparición incipiente en el último año, se identificaron nuevos desarrollos tecnológicos asociados con nuevos métodos para el procesamiento de biomasa, nuevas técnicas para la producción de biogás, sistemas agitadores giratorios, técnicas para la producción de bio-metanol, sistemas de gestión controlados por un computador y métodos para la obtención de fertilizantes a partir del uso de biodigestores.

Se identificaron 35 patentes específicas sobre equipos biodigestores en el período 2012-2017, asociados con sistemas del tipo Agitación Completa (Complete Mix Reactor), equipos de Flujo Continuo (Plug Flow) y equipos fabricados a partir de Geomembrana (polímero), además de otros que utilizan técnicas de lecho fluidizado, lecho fijo y reactor secuencial. La particularidad de los equipos descritos en estas patentes se encuentra en que describen sistemas de pequeña escala y que utilizan desechos de la agroindustria como sustrato principal, como es el caso de los purines de vaca/cerdo, excretas de aves y desechos de frutas y verduras.

A nivel nacional se identificaron 13 patentes solicitadas en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INAPI), en el período 2012-2017. Sólo 4 de estas patentes fueron solicitadas por instituciones nacionales, mientras que 11 fueron solicitadas por empresas extranjeras, en particular, provenientes de Finlandia, Noruega, Alemania, Italia, Suecia, Francia y Reino Unido. Así, el nivel de patentamiento en Chile sobre nuevas tecnologías para la generación de biogás a partir de residuos de la agroindustria, es poco significativo dentro del escenario internacional, siendo destacable, tal como se ha mencionado en ciencia, el caso de la empresa Procycla, con una patente asociada a un sistema de digestión anaeróbica Plug-Flow, y que resulta ser la única institución en Chile que muestra un avance significativo asociado con el desarrollo de una nueva tecnología, en los últimos años.

Respecto a las iniciativas asociadas con la generación de biogás

En Chile, se identificaron 3 iniciativas de carácter nacional que apuntan al desarrollo de la industria del biogás. Se destaca el proyecto del Ministerio de Energía “Promoviendo el desarrollo de la energía a biogás en pequeñas y medianas agroindustrias seleccionadas”, el que finaliza en 2018 y tiene como objetivo principal el promover la inversión y el desarrollo del mercado de tecnologías de energía a biogás en PYMES del sector lechero. También se destaca el acuerdo firmado en 2017, entre la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), que tiene como objetivo promover las tecnologías de generación de biogás con foco en la pequeña y la mediana agricultura. Por otra parte, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), implementó en 2016 una planta piloto de biogás para servir como prueba y generación de conocimiento, dirigida a los pequeños productores agrícolas de las regiones de Los Lagos y Los Ríos.

Además, se identificaron 26 iniciativas más específicas, centradas en la implementación de proyectos desarrollados por empresas e instituciones nacionales y que han sido financiados por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). Estas iniciativas se concentran principalmente en 3 regiones: Metropolitana, Valparaíso y Biobío. En la zona norte sólo se identificó una iniciativa, mientras que en la zona sur, además de la región del Biobío, se han identificado iniciativas desarrolladas en La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos. Se identificaron 8 proyectos financiados por Corfo desde el año 2008, donde han participado instituciones como AES Gener S.A., la Fundación Fraunhofer Chile Research, Biodiversa S.A., la Universidad de Concepción y la Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural (CODESSER), entre otras. En relación con los proyectos financiados por CONICYT, se identificaron 7 iniciativas, las que han sido desarrolladas por la Universidad de Chile, la Universidad Católica de Valparaíso, la Universidad de la Frontera, la Universidad de Concepción, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Universidad Mayor.

Se destacan también algunos trabajos de tesis que tratan sobre la generación de biogás a partir de desechos de la agroindustria, y en particular con aplicación en la pequeña y mediana agricultura nacional. Estos trabajos se han desarrollado principalmente en la Universidad Técnica Federico Santa María, la Universidad de Chile y la Universidad de Santiago de Chile.

A nivel internacional, se identificaron iniciativas en Europa y Estados Unidos, destacándose el proyecto Biogas3, desarrollado entre 2014 y 2015, y que contó con la participación de instituciones de 7 países de Europa, siendo co-financiado por el Programa Europeo de Inteligencia Energética (Intelligent Energy Europe Programme) de la Unión Europea. Este proyecto destaca por el alcance de sus resultados, donde se cuenta la identificación de necesidades energéticas de los productores agrícolas, la generación de modelos de colaboración empresarial, el desarrollo de habilidades, y la promoción del concepto a pequeña escala para la generación de biogás en pequeños predios agrícolas.

En Estados Unidos en tanto, se destaca el programa AgSTAR, implementado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), y que apunta a promover el uso de sistemas de recuperación de biogás para reducir las emisiones de metano de los desechos del ganado, apoyando la habilitación, adquisición e implementación de digestores anaeróbicos en los predios agrícolas, considerando además todos los beneficios secundarios que se obtienen de este proceso, ya sean ambientales, agrícolas y económicos.

Respecto a las instalaciones actuales de biodigestores

A nivel nacional se identificaron 13 instalaciones de biogás que actualmente se encuentran en funcionamiento, de las cuales 10 han sido implementadas por la empresa Biotecsur. Las capacidades de generación de biogás de las instalaciones identificadas van desde los 0,5 m³/día hasta los 50 m³/hora, mientras que los niveles de inversión fluctúan entre los US\$8.000 para una operación pequeña, hasta US\$1 millón para una empresa mediana que cuenta con un plantel de 700 vacas lecheras. La instalación más pequeña que se ha identificado corresponde al proyecto “Biodigestor agro-domiciliario Río Negro”, desarrollado por la empresa Biotecsur, en donde se utilizan purines de un plantel de 20 cerdos.

A nivel internacional se destacan 29 instalaciones de biogás en Estados Unidos, Canadá y España, y en países de la región como Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Colombia, Perú, Brasil, México y Argentina. Estas instalaciones tienen una capacidad para generar biogás que va desde 1 m³/día hasta los 2.000 m³/día, que involucran inversiones en un rango de US\$2.000 hasta los US\$2 millones.

El sustrato cuyo uso se encuentra más extendido en la generación de biogás corresponde a los purines de vaca y cerdo, seguido por las excretas de aves, mientras que los desechos de frutas, verduras y otros residuos agrícolas, tienen un uso significativamente menor en relación al estiércol.

Respecto de los equipos de uso y consumo de biogás

Los equipos de uso y/o consumo de biogás no poseen una oferta comercial tan extendida como equipos similares que utilizan gas natural u otros combustibles gaseosos. Esto se refleja en particular para aplicaciones pequeñas y medianas, donde la oferta es relativamente escasa y está concentrada principalmente en países como China e India.

A pesar de esto, en el presente estudio se identificaron 60 equipos disponibles actualmente en el mercado, que funcionan con biogás, clasificados por tipo de producto y por tamaño, todos ellos aplicables a operaciones agrícolas pequeñas y medianas. Se identificaron 35 equipos con una potencia de hasta 10 kW y 25 equipos con una potencia entre 10 kW y 100 kW.

La mayor parte de los equipos de uso y/o consumo de biogás que han sido identificados, corresponden a equipos para la generación eléctrica (motores y generadores), equipos electrodomésticos y equipos de cogeneración (equipos CHP - Combined Heat and Power), centrados principalmente en tamaños pequeños, es decir, con potencias que se encuentran

en el rango de hasta 100 kW. Una proporción menor de los equipos identificados corresponde a sistemas para la generación de calor o frío, y calentamiento de agua o vapor de baja presión.

A continuación, se destacan los principales resultados obtenidos en cada una de las categorías de equipos de uso y/o consumo de biogás:

- En relación a los motores que utilizan biogás, la oferta actual se enfoca en la gran escala, sin embargo, se han identificado métodos y kits de conversión para modificar motores a gasolina/diésel convencionales pequeños (entre 2,5 kW y 5 kW) para que puedan funcionar con biogás. Por otra parte, en el caso de los generadores eléctricos, se han identificado equipos a nivel comercial que permiten su uso con biogás, en rangos de potencial que van desde los 2 kW hasta los 74 kW.
- En relación a los equipos de cogeneración, se han identificado equipos CHP convencionales y también microturbinas de cogeneración que funcionan con biogás. En este caso, la oferta se concentra principalmente en equipos convencionales para la generación combinada de calor y electricidad, mientras que las microturbinas tienen una oferta más limitada.
- En relación con la oferta de equipos para la generación de calor o frío, se han identificado principalmente sistemas de calefacción para su aplicación en planteles de cerdos/pollos y operaciones lecheras de pequeña y mediana escala. Se destaca en este caso la existencia de incubadoras y lámparas de calefacción para la cría de cerdos y pollos, mientras que, en el caso de los planteles lecheros, se identificó una empresa que ofrece un sistema para el enfriamiento de leche en operaciones pequeñas y que utiliza biogás como fuente de energía.
- En relación con la oferta de equipos para el calentamiento de agua o vapor de baja presión que utilizan biogás, la oferta es baja en relación a las otras categorías de equipos. En general, la oferta de este tipo de equipos se centra en operaciones de gran escala. Sin embargo, se han identificado 4 empresas que actualmente ofrecen equipos con una potencia en el rango desde 3,7 kW hasta los 90 kW.
- En relación a la oferta de equipos electrodomésticos que utilizan biogás, se identificaron 14 productos comerciales, distribuidos en calefont, lámparas de iluminación, cocinas y refrigeradores. En esta categoría de productos, la oferta se concentra principalmente en empresas de China e India.

Respecto de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica

La instalación de sistemas para la generación y uso de biogás posee una serie de ventajas para los pequeños y medianos productores agropecuarios. Dentro de estas ventajas se destacan las siguientes:

- Permite producir energía mediante el aprovechamiento del biogás producido en un biodigestor anaeróbico [85]. Este aprovechamiento puede suplir la demanda

energética de todas las actividades del predio [86], mediante el uso de equipos como generadores, cogeneradores, sistemas de calefacción, sistemas de enfriamiento, electrodomésticos, etc.

- Permite producir abono orgánico (biol) de alta calidad nutricional para el crecimiento de las plantas [86].
- Permite reducir la concentración de materia orgánica, mejorando el proceso de manejo de desechos [85].
- Permite controlar y reducir los malos olores [85].
- Permite reducir la contaminación dentro del predio, ya que convierte los desechos animales, los que contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos y semillas de plantas agresivas para los cultivos, en residuos útiles [86].
- Permite disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, generando procesos productivos más amigables con el medio ambiente. En este sentido, la reducción del uso de leña es un aspecto deseable dentro del sector agropecuario [87]. Al generar y utilizar el biogás para cocinar o calefaccionar, se puede disminuir el uso de madera, y aportar así a una menor deforestación [88].
- Permite reducir la contaminación fuera del predio, por ejemplo en ríos, lagos u otras fuentes de agua, donde podrían verterse los residuos que son utilizados para la generación del biogás [88].

Existen aspectos asociados a la implementación de sistemas para la generación y uso de biogás que generan beneficios no tan sólo para el productor agropecuario, sino que también para la comunidad en donde se encuentra la operación. Sin embargo, considerando los resultados obtenidos, es claro que existen pocos casos en que un proyecto de generación y uso de biogás resulta rentable en términos económicos.

Esto se debe a diversos factores, siendo los más relevantes los siguientes:

- Los niveles de inversión requeridos para la implementación de este tipo de tecnologías son altos, en relación a los beneficios que se pueden obtener de su instalación, los que están asociados principalmente al ahorro en gasto de energéticos para la operación de los predios agrícolas. Es importante señalar que para las pequeñas explotaciones agropecuarias, existe un costo de oportunidad muy alto en la implementación de soluciones tecnológicas para la generación y uso de biogás.
- Las condiciones de base que existen actualmente en los planteles agropecuarios pequeños y medianos, no permiten aprovechar el máximo potencial de los desechos que estos poseen, lo que se debe principalmente a los bajos niveles de estabulación en planteles de producción lechera, engorda y criaderos de cerdos.

Estos bajos niveles de estabulación traen como consecuencia que gran parte de los desechos generados en el predio no puedan ser recolectados.

- Los precios actuales de los energéticos utilizados por los productores agropecuarios (pequeños y mediano), en particular el gas licuado de petróleo, la leña y la electricidad de la red pública, se mantienen relativamente bajos, en relación a su potencial reemplazo mediante el uso del biogás generado en un biodigestor anaeróbico.

De acuerdo a los resultados expuestos en el capítulo 4 del presente informe, se requieren subsidios importantes de manera de rentabilizar un proyecto para la generación y uso de biogás en explotaciones agropecuarias pequeñas y medianas. Estos subsidios pueden superar el 80% de la inversión que se debe realizar en equipos e instalaciones (biodigestor y equipos de uso de biogás).

Estos subsidios deberían focalizarse en la compra de los equipos y su instalación, y no en la entrega de efectivo, ya que tal como se mencionó previamente, el productor agropecuario tiene alternativas que serían más rentables en el corto plazo, como por ejemplo, aumentar su plantel de animales. Esto también se asocia al desconocimiento general que existe en los productores agropecuarios a nivel nacional, sobre este tipo de tecnologías, su uso y los potenciales beneficios que se pueden obtener a partir de su implementación en el predio. En este caso, los subsidios potenciales deberían enfocarse también en aspectos relacionados con la capacitación de los productores, en temas asociados con la instalación y operación de biodigestores anaeróbicos. Se debe tomar en cuenta que la implementación de los sistemas de generación y uso de biogás requieren de un entendimiento sobre los beneficios técnicos, financieros y no financieros que se pueden obtener en un predio agropecuario [65]. Lo anterior implica que además del subsidio a la inversión, se debe crear una red de acompañamiento hacia el productor agropecuario para apoyar la operación en sus inicios, entregando de esta manera una asesoría técnica que es fundamental para el éxito del sistema de generación y uso de biogás.

Por otra parte, si se dan ciertas condiciones particulares, es posible que un proyecto se vuelva rentable. Estas condiciones están asociadas a los niveles de inversión requeridos, niveles de recolección de purines en los planteles y costo de los energéticos utilizados actualmente por los pequeños y medianos productores agropecuarios.

(i) Inversión inicial

En particular para el escenario 1, la inversión inicial en equipos e instalaciones es crítico, considerando que en este escenario, los ingresos económicos de los productores son bajos y además, existe un costo de oportunidad alto, lo cual implica que la instalación de un biodigestor no es un tema prioritario para estas familias. Esto se encuentra en línea con la opinión de expertos en el tema (ver anexo 7), donde se indica que el costo inicial, y en particular la falta de presupuesto, es una de las principales dificultades que enfrentan los pequeños y medianos productores agropecuarios para la instalación de este tipo de tecnologías.

Por lo tanto, es posible considerar una disminución significativa en los niveles de inversión que se requieren para la instalación de equipos de generación y uso de biogás. Para estos escenarios, los equipos utilizados son relativamente sencillos y consisten básicamente en un biodigestor tipo bolsa para la generación de biogás, y electrodomésticos para el uso de éste.

Si se asume la posibilidad de optar a equipos de menor costo, es posible rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás. Por ejemplo, en el escenario 1, considerando el reemplazo de GLP, para biodigestores de 4 m³ en predios que posee vacas lecheras, se requiere una disminución de 43% en el costo del biodigestor para que el proyecto sea rentable en un período de 5 años (VAN = 0), mientras que para biodigestores con una capacidad de 10 m³, una reducción de 20% en su costo inicial permite que los ahorros generados por el uso del biogás en un período de 5 años, se igualen a la inversión inicial.

En el caso de los biodigestores para plantales de cerdos, se requiere una disminución de 12% en los costos de inversión para biodigestores tipo bolsa de 10 m³. En este caso, con un biodigestor que alcance un costo de \$980 mil (incluyendo el equipo y la instalación), los ahorros generados por el uso del biogás, permiten recuperar la inversión inicial en un período de 5 años.

La siguiente tabla resume el costo inicial asociado al biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás, para el escenario 1, según el tamaño del biodigestor y el tipo de predio agropecuario, considerando el reemplazo de GLP.

Tabla 5.1 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 1, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de GLP

Tipo de predio	Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto inversión total (Biodigestor + equipos) (\$)	Costo del biodigestor promedio (\$)	Costo del biodigestor que permite rentabilizar el proyecto (\$)
Plantel lechero	4 m ³	632.000	530.000	297.738
	8 m ³	956.000	854.000	697.475
	10 m ³	1.212.000	1.110.000	897.344
Plantel de cerdos	4 m ³	632.000	530.000	331.562
	8 m ³	956.000	854.000	765.123
	10 m ³	1.212.000	1.110.000	981.904

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso que el biogás se utilice para el reemplazo de leña, el costo del biodigestor que permite rentabilizar el proyecto resulta ser significativamente menor, lo que se explica por el menor costo que tiene la leña en relación al GLP. Es decir, para los pequeños productores agropecuarios que requieran reemplazar el uso de leña mediante la implementación de un biodigestor, se requiere que este equipo tenga un costo entre un

60% y un 75% menor al promedio actual de mercado para este tipo de sistemas (para biodigestores de 10 m³ y 4 m³ respectivamente). La siguiente tabla resume el costo inicial asociado al biodigestor que permite rentabilizar el proyecto, para el escenario 1, según el tamaño de biodigestor y tipo de predio, considerando el reemplazo del uso de leña.

Tabla 5.2 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 1, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de leña

Tipo de predio	Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto inversión total (Biodigestor + equipos) (\$)	Costo del biodigestor promedio (\$)	Costo del biodigestor que permite rentabilizar el proyecto (\$)
Plantel lechero	4 m ³	632.000	530.000	117.023
	8 m ³	956.000	854.000	336.046
	10 m ³	1.212.000	1.110.000	445.558
Plantel de cerdos	4 m ³	632.000	530.000	135.556
	8 m ³	956.000	854.000	373.112
	10 m ³	1.212.000	1.110.000	491.890

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para los escenarios 2, 3 y 4, la situación sigue la misma tendencia que la evidenciada para el escenario 1, considerando que se requiere optar a equipos (biodigestores) que tengan costos significativamente menores a los precios de mercado actual, para que un proyecto de generación y uso de biogás sea rentable en un predio agropecuario pequeño y/o mediano.

Tabla 5.3 Costo de biodigestor que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás para los escenarios 1, 2 y 3, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, para reemplazo de GLP

Tipo de predio	Tamaño de biodigestor	Monto inversión total (Biodigestor + equipos) (\$)	Costo del biodigestor promedio (\$)	Costo del biodigestor que permite rentabilizar el proyecto (\$)
Escenario 2 (Biodigestor laguna cubierta)				
Plantel lechero	15 m ³	2.585.300	2.475.000	892.906
	25 m ³	4.225.300	4.125.000	1.167.548
	40 m ³	6.702.000	6.600.000	1.888.243
Plantel de cerdos	15 m ³	2.585.300	2.475.000	1.500.200
	25 m ³	4.225.300	4.125.000	1.977.273
	40 m ³	6.702.000	6.600.000	3.002.895

Escenario 3 (Biodigestor laguna cubierta)				
Plantel lechero	50 m3	13.978.300	7.250.000	-2.739.708
	75 m3	17.603.300	10.875.000	-964.206
	100 m3	21.228.300	14.500.000	811.297
Plantel de cerdos	50 m3	13.978.300	7.250.000	5.716.278
	75 m3	17.603.300	10.875.000	11.719.775
	100 m3	21.228.300	14.500.000	17.723.271
Escenario 4 (Biodigestor de mezcla completa)				
Plantel lechero	120 m3	49.480.000	23.100.000	1.938.577
	200 m3	53.230.000	25.350.000	14.171.890
	300 m3	56.980.000	27.600.000	31.927.418
Plantel de cerdos	120 m3	49.480.000	23.100.000	12.782.739
	200 m3	53.230.000	25.350.000	39.001.742
	300 m3	56.980.000	27.600.000	66.673.836

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso del escenario 2, en plantales lecheros, el costo del biodigestor que permite rentabilizar el proyecto, debe ser entre un 65% y un 71% menor en relación al costo promedio actual de mercado (para biodigestores de 15 m3 y 40 m3 respectivamente), mientras que en plantales de cerdos, el costo del biodigestor que rentabiliza el proyecto, debe ser entre un 42% y un 55% menor en relación al costo promedio actual (para biodigestores de 15 m3 y 40 m3 respectivamente).

Se destaca en este caso la situación del escenario 3, donde para plantales lecheros con biodigestores de laguna cubierta de 50 m3 y 75 m3, los ahorros generados por el uso del biogás no permiten recuperar el costo del biodigestor (sin considerar incluso el costo de los equipos para el uso de biogás), en un período de 5 años. Mientras que para plantales de cerdos, con biodigestores de 75 m3 y 100 m3, incluso con biodigestores con un costo mayor al promedio actual, es posible rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás. En este caso, a mayor escala de predio, mayor rentabilidad tendrá el proyecto.

En el escenario 4 en tanto, para rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás, se requiere disminuir los costos de inversión inicial para biodigestores de 120 m3 y 200 m3, en el caso de los plantales lecheros, y para biodigestores de 120 m3 en plantales de cerdos, ya que en plantales de mayor tamaño, es decir, sobre 200 cabezas en plantales lecheros y sobre 600 cabezas en plantales de cerdos, el proyecto es rentable considerando el costo promedio actual del equipo biodigestor.

Por lo tanto, para los casos en que los proyectos de generación y uso de biogás no resultan rentable bajo las condiciones actuales, se requerirá buscar opciones de equipos que tengan costos significativamente inferiores a los niveles de inversión promedio que existen actualmente en el sector. Esto además implicaría una reducción en las necesidades de subsidios para hacer frente al costo de equipos e instalaciones por parte de los productores

agropecuarios, más aún si se considera que en explotaciones de subsistencia o agricultura familiar campesina, no existe acceso a financiamiento por parte de la banca tradicional debido a los escasos ingresos que generan.

(ii) Nivel de recolección de purines

El bajo nivel de estabulación es también uno de los aspectos más críticos a la hora de evaluar la aplicabilidad técnica y factibilidad económica en explotaciones agropecuarias pequeñas y medianas, ya que incide de forma directa en el bajo nivel de recolección de purines que se puede lograr en el predio. Esto tiene un impacto negativo particularmente en los escenarios 2, 3 y 4, siendo los plantel lecheros y de engorda los que se ven más afectados.

Los supuestos utilizados en la evaluación de la aplicabilidad técnica consideran un potencial de recolección de purines que alcanza el 12% para plantel lecheros y el 40% para plantel de cerdos [54], tomando como base que los plantel de cerdos generalmente tienen niveles de estabulación más alto. Luego, es posible determinar bajo cuales condiciones de estabulación, y por lo tanto del potencial de recolección de desechos (purines), es posible rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás para los escenarios 2, 3 y 4.

Por ejemplo, para plantel lecheros en el escenario 2, considerando biodigestores de 15 m³, se requiere un porcentaje de recolección de purines de 24% para rentabilizar el proyecto de biogás, mientras que para biodigestores de 25 m³ se requiere un 29% de recolección de purines para rentabilizar el proyecto de biogás. La siguiente tabla muestra los niveles de recolección de purines que son requeridos por tamaño de biodigestor y tipo de predio asociados al escenario 2.

Tabla 5.4 Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 2, por tamaño de biodigestor y tipo de predio

Tipo de predio	Tamaño de biodigestor (tipo laguna cubierta)	Porcentaje de recolección de purines base considerado para el estudio (%)	Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar el proyecto (%)
Plantel lechero	15 m ³	10%	24%
	25 m ³	10%	29%
	40 m ³	10%	29%
Plantel de engorda	15 m ³	10%	23%
	25 m ³	10%	28%
	40 m ³	10%	29%
Plantel de cerdos	15 m ³	25%	39%
	25 m ³	25%	48%
	40 m ³	25%	50%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Para el escenario 3, los niveles de recolección de purines mínimos para rentabilizar el proyecto de generación y uso de biogás, por tamaño de biodigestor y tipo de predio, son los siguientes.

Tabla 5.5 Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar un proyecto de generación y uso de biogás en el escenario 3, por tamaño de biodigestor y tipo de predio

Tipo de predio	Tamaño de biodigestor (Tipo laguna cubierta)	Porcentaje de recolección de purines base considerado para el estudio (%)	Porcentaje de recolección de purines que permite rentabilizar el proyecto (%)
Plantel lechero	50 m ³	12%	32%
	75 m ³	12%	28%
	100 m ³	12%	26%
Plantel de engorda	50 m ³	12%	48%
	75 m ³	12%	39%
	100 m ³	12%	38%
Plantel de cerdos	50 m ³	25%	45%
	75 m ³	25%	39%
	100 m ³	25%	36%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En el caso del escenario 4, debido a los mayores tamaños de planteles y predios, los bajos niveles de estabulación tienen un impacto altamente desfavorable para la evaluación económica. Sin embargo, bajo ciertas condiciones es posible que el proyecto sea rentable. Por ejemplo, para planteles lecheros con 260 cabezas, considerando un biodigestor de mezcla completa (Complete mix reactor), se requiere un nivel de recolección de purines que alcance el 26% dentro del predio, con lo cual, los ahorros generados mediante el uso del biogás permiten recuperar la inversión inicial en equipos e instalación dentro de un período de 5 años. Esto implica que la capacidad de recolección de purines en planteles lecheros que permite rentabilizar el proyecto debe ser más del doble de la actual, que alcanza aproximadamente el 12% [50].

Por lo tanto, es claro que para planteles donde los niveles de estabulación sean altos, un proyecto para la generación y uso de biogás resulta altamente atractivo, tanto por los ahorros generados en el gasto de energía, como también por la posibilidad de rentabilizar la inversión inicial en un plazo acotado, en este caso 5 años.

Se destaca además el hecho de que, en planteles de cerdos, debido a los altos niveles de estabulación que estos poseen, es posibles recuperar en promedio un 40% de los purines dentro del predio [54]. Esto permite que planteles que poseen entre 600 y 900 cabezas de cerdos puedan recuperar la inversión inicial en equipamiento e instalaciones en un período de 5 años, mientras que en planteles de hasta 600 cabezas de cerdos, se requiere un porcentaje de recolección de purines de 43% para que el proyecto resulte rentable en un

período de 5 años, lo cual es levemente superior a los niveles de recolección de purines que posee actualmente los criaderos de cerdos.

(iii) Costo de energéticos

El costo actual de los energéticos, en particular el precio del gas licuado de petróleo, la leña y la electricidad, son relativamente bajos en relación al potencial de reemplazo que representa el biogás obtenido en procesos de biodigestión anaeróbica. De esta manera, en caso que el costo asociado a los energéticos aumente en el tiempo, es posible que un proyecto de generación y uso de biogás se rentabilice, o en su defecto, se requiera un menor subsidio para financiar los montos involucrados en la compra e instalación de equipos.

Para el escenario 1, se ha considerado un costo promedio de \$25.000 por m³ de leña, sin embargo, si este precio sufre un aumento de 50%, las necesidades de subsidio para financiar la inversión inicial disminuyen drásticamente. Esto se debe a que, ante un mayor precio de la leña, un productor agropecuario debería aumentar el desembolso anual para satisfacer la misma necesidad de energía, lo cual implica que los ahorros generados por el potencial uso de biogás serían mayores. En la siguiente tabla se da cuenta de la disminución en potenciales subsidios para financiar los costos de inversión e instalaciones, ante un aumento en el precio base de la leña.

Tabla 5.6 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel de cerdos, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base de la leña

Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total (%)	Monto del subsidio considerando un aumento de 50% en el precio de la leña (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total considerando un aumento de 50% en el precio de la leña (%)
4 m ³	394.444	62,4%	275.666	43,6%
8 m ³	480.888	50,3%	243.332	25,5%
10 m ³	618.110	51,0%	321.165	26,5%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

De acuerdo con la tabla 5.6, en el escenario 1, el monto del subsidio requerido para un biodigestor de 10 m³ en un plantel de cerdos equivale a \$618.000 aproximadamente, considerando el costo del biodigestor tipo bolsa, su instalación y los equipos electrodomésticos, lo que equivale al 51% de la inversión inicial total. Sin embargo, si se considera un aumento en el precio de la leña de un 50%, el subsidio requerido disminuye a un 26% de la inversión inicial total. Esto es altamente relevante, ya que los precios de la leña varían dependiendo de la zona geográfica en la cual se encuentran los predios, por lo tanto, un proyecto implementado en zonas donde la leña tiene un costo mayor, resulta más atractivo desde el punto de vista económico.

En plantales lecheros la situación es similar ante un aumento del 50% en el precio de la leña, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.7 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel lechero, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base de la leña

Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total (%)	Monto del subsidio considerando un aumento de 50% en el precio de la leña (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total considerando un aumento de 50% en el precio de la leña (%)
4 m3	412.977	65,3%	303.465	48,0%
8 m3	517.954	54,2%	298.930	31,3%
10 m3	664.442	54,8%	390.663	32,2%

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Por otra parte, si se asume un aumento de un 35% en el precio del gas licuado de petróleo, la situación es similar a lo que ocurre con el precio de la leña. Esto implicaría una disminución significativa en la necesidad de subsidios para el financiamiento de la inversión inicial, la que en el caso de los plantales de cerdos, pasaría de un 31% a un 7% en biodigestores de 4 m3, mientras que para biodigestores de 8 m3 y 10 m3, ya no existiría necesidad de subsidios debido a que los ahorros generados en GLP permiten recuperar la inversión inicial en un plazo de 5 años.

Es decir, en zonas geográficas donde el precio del GLP es significativamente más alto que el promedio, un proyecto de biodigestor de 4 m3 requiere un subsidio menor a los \$100.000 para ser rentable en un período de 5 años.

Tabla 5.8 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel de cerdos, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base del GLP

Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto del subsidio (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total (%)	Monto del subsidio considerando un aumento de 35% en el precio del GLP (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total considerando un aumento de 35% en el precio del GLP (%)
4 m3	198.438	31,4%	46.692	7,4%
8 m3	88.877	9,3%	No requiere	-
10 m3	128.096	10,6%	No requiere	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

En plantales lecheros, la situación es análoga ante aumentos en el precio base del GLP, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.9 Subsidio requerido para la instalación de un sistema de generación y uso de biogás en plantel lechero, para el escenario 1, considerando aumento en el precio base del GLP

Tamaño de biodigestor (Biodigestor tipo bolsa)	Monto del subsidio	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total (%)	Monto del subsidio considerando un aumento de 35% en el precio del GLP (\$)	Porcentaje subsidio en relación a la inversión total considerando un aumento de 35% en el precio del GLP (%)
4 m3	232.262	36,8%	92.354	14,6%
8 m3	156.525	16,4%	No requiere	-
10 m3	212.656	17,5%	No requiere	-

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Se debe considerar que existen zonas en donde el precio del GLP alcanza los \$1.696¹⁵⁰ por kilogramo, en particular para zonas aisladas de las regiones de Los Ríos y Los Lagos. Por lo tanto, para los predios que se encuentran en estas localidades, un proyecto de generación y uso de biogás resulta más atractivo en relación a un proyecto ubicado en comunas de la zona central. En este caso, la evaluación se deberá realizar de forma particular para las condiciones de precio que existen en cada región, comuna y localidad específica.

(iv) Resumen de condiciones críticas que afectan la rentabilidad de un proyecto de generación y uso de biogás

Tomando como base los resultados expuestos en el presente informe, se ha determinado que los 3 aspectos críticos destacados, producen un efecto altamente significativo en la rentabilidad económica asociada con la instalación de sistemas para la generación y uso de biogás en explotaciones agropecuarias pequeñas y medianas.

La siguiente figura contiene un resumen de los efectos que produce la inversión inicial en la rentabilidad para cada uno de los escenarios.

¹⁵⁰ Ver tabla 4.11.

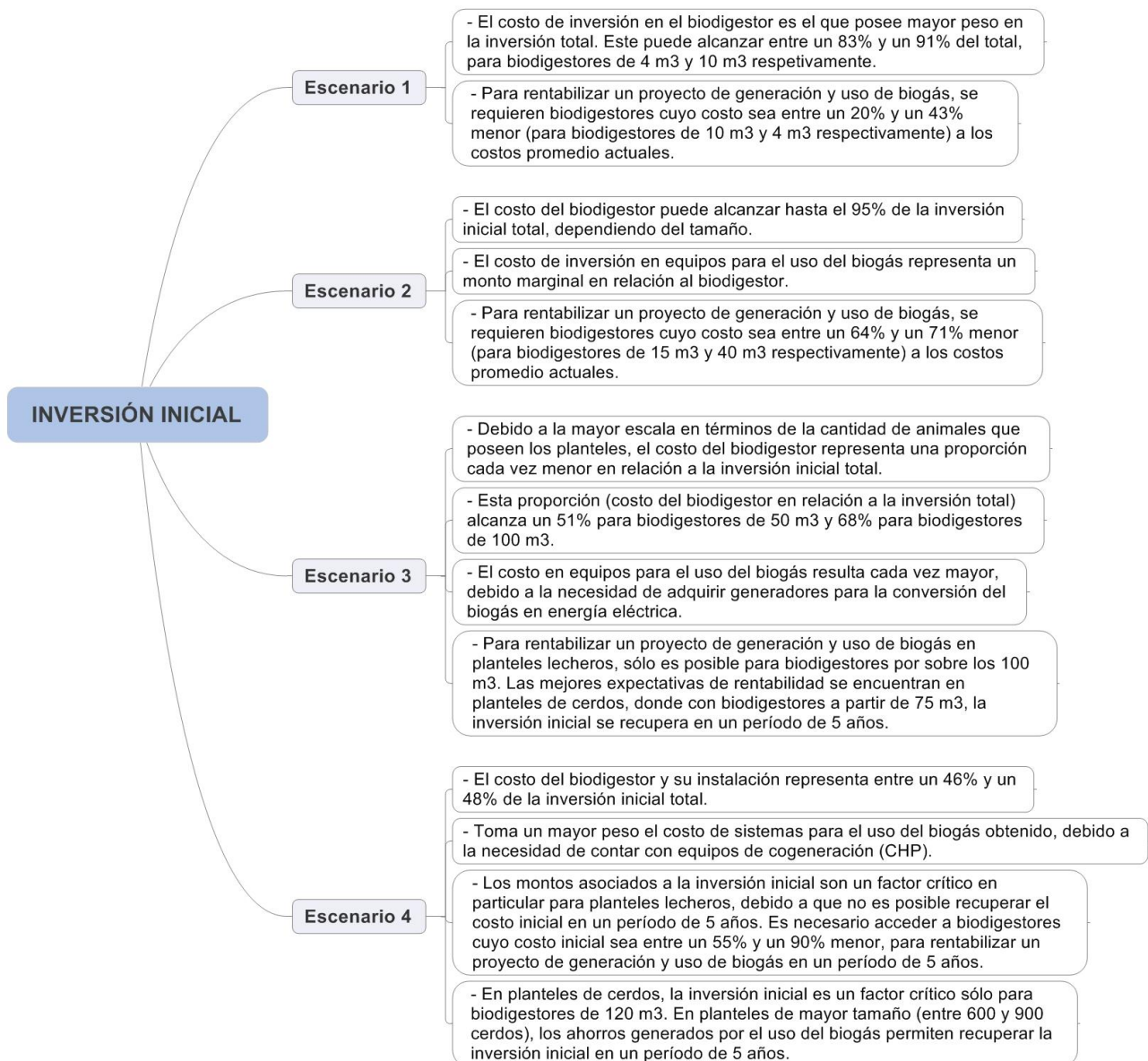


Figura 5.1 Efectos asociados a la inversión inicial en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

La siguiente figura contiene el resumen de los efectos que produce en la rentabilidad, el nivel de recolección de purines en cada uno de los escenarios.

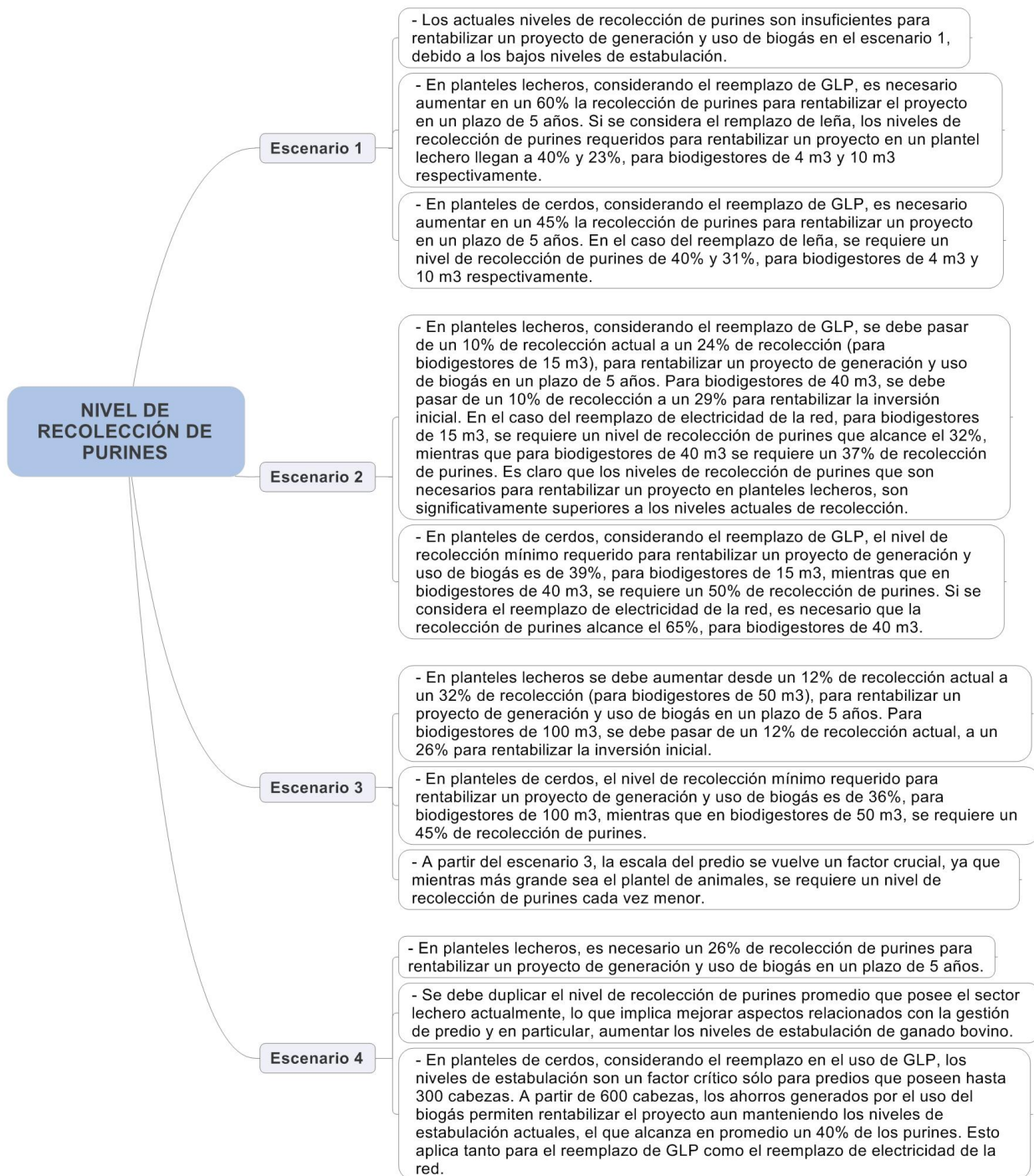


Figura 5.2 Efectos asociados al nivel de recolección de purines en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

Por otra parte, en la siguiente figura se muestra el efecto que produce en la rentabilidad, el costo de los energéticos en cada uno de los escenarios.



Figura 5.3 Efectos asociados al nivel de recolección de purines en la rentabilidad para proyectos de generación y uso de biogás

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

La evaluación realizada de la aplicabilidad técnica y factibilidad económica tiene un carácter general para proyectos de generación y uso de biogás a nivel de perfil. Los supuestos utilizados pueden variar de forma significativa bajo condiciones geográficas

particulares, u otras condiciones asociadas al clima, costo de la energía en zonas aisladas, nivel de estabulación, cantidad de animales, sistemas para el manejo de residuos, etc. Los resultados deben ser tomados como una guía global de evaluación del reemplazo de combustibles tradicionales por biogás y como base para la evaluación particular de un proyecto de acuerdo a los escenarios específicos.

El sólo reemplazo energético en general no resulta atractivo económicamente, sin embargo el manejo de los residuos mediante la biodigestión anaeróbica permite reducir significativamente los impactos ambientales y sociales de las actividades de producción de leche, carne y agrícola.

El adecuado manejo de los residuos con esta tecnología ofrece adicionalmente tener un bioabono de alta calidad que mejora significativamente la producción de alimentos para los propios animales. El manejo de los purines producidos en los recintos de los animales mediante la biodigestión permite reducir notablemente los insectos (moscas), los olores y las bacterias, lográndose beneficios en la calidad de vida para la comunidad de personas que laboran y viven en el entorno. Este aspecto puede llegar a viabilizar un proyecto o simplemente rechazarlo por los impactos a la comunidad.

Por lo anterior se puede concluir que la biodigestión tiene una gran fortaleza en el manejo sustentable de los residuos con importantes beneficios principalmente ambientales y sociales. El aporte del biogás y bioabono son productos de alta calidad que pueden ayudar a los proyectos económicamente, pero que no lo sustentan por si solos bajo las condiciones de precio actuales de los energéticos tradicionales.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Biogás. 2018. Ver [enlace](#).
- [2] Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Guía de Planificación para Proyectos de Biogás en Chile. 2012. Ver [enlace](#).
- [3] Cuesta, M. J. et al., 2009. Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d. Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento.
- [4] Zhang et al., 2017. An innovative intermittent-vacuum assisted thermophilic anaerobic digestion process for effective animal manure utilization and treatment. *Bioresource Technology*, 244 (2017), pp. 1073-1080.
- [5] Yıldırım et al., 2017. Improvement of biogas potential of anaerobic digesters using rumen fungi. *Renewable Energy*, 109 (2017), pp. 346-353.
- [6] Ministerio de Energía. Biogás Sector Lechero. Proyecto: Promoviendo el desarrollo de la energía a biogás en pequeñas y medianas agroindustrias seleccionadas. Ver [enlace](#).
- [7] Revista Electricidad. FIA destinará 20 millones a financiar proyectos de biogás para la agricultura. 2012. [Enlace](#)
- [8] Ministerio de Agricultura. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). FIA y SEC promueven la generación de biogás para el desarrollo de una agricultura sustentable. 2017. [Enlace](#)
- [9] Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA. Inauguran planta de biogás a partir de residuos ganaderos. 2016. [Enlace](#)
- [10] Intelligent Energy Europe. Sustainable Small-scale biogas production from agro-food waste for energy Self-sufficiency (BIOGAS3). 2017. [Enlace](#)
- [11] Proyecto Biogas3. Ver [enlace](#).
- [12] Proyecto BioEnergy Farm. Ver [enlace](#).
- [13] Intelligent Energy Europe. Manure, the sustainable fuel for the farm (Bioenergy Farm II). 2017. [Enlace](#)
- [14] DiCYT. ¿Plantas de biogás para pequeñas y medianas explotaciones ganaderas por 100.000 euros?. 2009. [Enlace](#)
- [15] United States Environmental Protection Agency. AgSTAR: Biogas Recovery in the Agriculture Sector. [Enlace](#)
- [16] Programa AgSTAR. Ver [enlace](#).
- [17] AgSTAR. Livestock Anaerobic Digester Database. [Enlace](#).

- [18] AgSTAR. AgSTAR Partners. [Enlace](#).
- [19] USDA. Rural Energy for America Program Renewable Energy Systems & Energy Efficiency Improvement Loans & Grants. Ver [enlace](#).
- [20] Superintendencia de Electricidad y Combustible - SEC. Catastro Biodigestores 2017.
- [21] Schwager Mining & Energy. Lácteos & Energía. Ver [enlace](#).
- [22] Agrícola AASA Ltda. Seguridad en plantas de biogás, Experiencia Agrícola AASA Ltda. Ver [enlace](#).
- [23] Aqualimpia. Suministro, instalación y puesta en marcha de dos generadores de 525 kW. [Enlace](#).
- [24] Agrícola Ancalí. Tecnología de digestión. Ver [enlace](#).
- [25] Guerrero, L. & Montalvo, S. 2003. Tratamiento anaeróbico de residuos, Producción de Biogás, Chile.
- [26] Ministerio de Energía; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Global Environment Facility. Manual de Biogás. 2011. Ver [enlace](#).
- [27] Pérez, J. (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico – Universidad de Chile. [Enlace](#)
- [28] European Environment Agency. 2000. Biogas. Ver [enlace](#)
- [29] Clean Wisconsin. 2010. Biogas: Rethinking the Midwest's Potential. Ver [enlace](#)
- [30] Ernest Villota. 2015. Sistema de iluminación y calefacción a partir de biogás. Ver [enlace](#)
- [31] GTZ-HERA. 2010. Small-scale Electricity Generation from Biomass - Experience with Small-scale Technologies for Basic Energy Supply. Part II: Biogas. Ver [enlace](#)
- [32] Luis Ramírez. 2004. Generación eléctrica por medio de biogás. Ver [enlace](#)
- [33] R. Quesada, N. Salas, M. Arguedas, R. Botero. Generación de energía eléctrica a partir de biogás. *Tierra Tropical* (2007) 3 (2): 227-235. Ver [enlace](#)
- [34] International Fund for Agricultural Development (IFAD). 2012. Flexi Biogas systems: inexpensive, renewable energy for developing countries. Ver [enlace](#)
- [35] GTZ; Programa de Desarrollo Agropecuario - Bolivia. 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Ver [enlace](#)
- [36] American Council for an Energy-Efficient Economy. 2018. Combined Heat and Power (CHP). Ver [enlace](#)

- [37] American Council for an Energy-Efficient Economy. 2009. Combined Heat and Power and Clean Distributed Energy Policies. Ver [enlace](#)
- [38] HAASE Energietechnik GmbH. Innovative and complete Biogas-CHP. Ver [enlace](#)
- [39] AB Holding Spa. Ecomax Biogas. Ver [enlace](#)
- [40] Kawasaki Gas Turbine Europe GmbH. Gas engine set. Ver [enlace](#)
- [41] Office of Energy Efficiency & Renewable Energy USA. 2008. CHP: Effective Energy Solutions for a Sustainable Future. Ver [enlace](#)
- [42] European Biomass Industry Association. Cogeneration at Small Scale - Simultaneous Production of Electricity and Heat. Ver [enlace](#)
- [43] HoSt Bioenergy. Water tube steam boiler. Ver [enlace](#)
- [44] ZBG Boiler. Biogas Steam Boiler. Ver [enlace](#)
- [45] Industrial Boiler Ltd. Petropak. Ver [enlace](#)
- [46] Enerstena Group. Hot water boilers. Ver [enlace](#)
- [47] Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. 2016. Direct Use of Biogas. Ver [enlace](#)
- [48] Vianney Tumwesige; David Fulford; Grant .C. Davidson. Biogas appliances in Sub-Saharan Africa. Biomass & Bioenergy, vol 70, pp. 40-50. 2014.
- [49] Pablo Daniel Hidalgo. Proyecto electrificación rural, localidad de Cámar, II Región, Antofagasta. 2006. Ver [enlace](#).
- [50] Ingeniería Alemana S.A. Encargado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros. 2009. Ver [enlace](#).
- [51] Instituto Nacional de Estadísticas. Medio Ambiente - Informe Anual 2016. 2017. Ver [enlace](#).
- [52] Javier Andres Pérez Medel. Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. 2010. Ver [enlace](#).
- [53] Gamma Ingenieros S.A. Encargado por el Ministerio de Energía. Modelos de negocio que rentabilicen aplicaciones de biogás en Chile y su fomento. 2011. Ver [enlace](#).
- [54] Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y Gobierno Regional de Los Ríos (GORE Los Ríos). Programa de Valorización de Residuos de la Actividad Silvoagropecuaria. Biogás de recursos agropecuarios en la región de Los Ríos. 2016. Ver [enlace](#).

- [55] Francisco Manuel Lagos Susaeta. Análisis de factibilidad técnica y económica de la generación de biogás a partir de purines mediante biodigestores anaerobios. 2013. Ver [enlace](#).
- [56] Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Evaluación preliminar de una factibilidad técnica y económica para implementar plantas de biogás en una muestra de lecherías seleccionadas de las regiones de Los Ríos y Los Lagos. 2016. Ver [enlace](#).
- [57] Mario Ávila Grothusen y Pablo Bahamonde Burgos. Operación y Mantenimiento de Plantas Pequeñas. En Curso de Formación Especializada En Biogás para Profesionales. 2017. Ver [enlace](#).
- [58] Marc Lüer. By order of: GTZ/EnDev. Installation manual for Low-Cost Polyethylene Tube Digesters. 2010. Ver [enlace](#).
- [59] Maximiliano Ortega. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA). Installation of a Low Cost Polyethylene Biodigester. 2009. Ver [enlace](#).
- [60] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores en México. 2010. Ver [enlace](#).
- [61] Viogaz. Biodigestores de laguna cubierta. 2018. Ver [enlace](#).
- [62] Fredy Almanza Mamani. Construcción y evaluación de un biodigestor modelo chino mejorado para zonas andinas. Ver [enlace](#).
- [63] Alejandro Bautista Buhigas. Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos. 2010. Ver [enlace](#).
- [64] Biodigestores Ecuador. Catálogo de biodigestores. Ver [enlace](#).
- [65] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. Módulo Opciones de Uso Final de la Energía. Sub-Módulo Calefacción y Cocina. Biogás Comunitario - Manual de Usuario. 2014. Ver [enlace](#).
- [66] Ivet Ferrer, Enrica Uggetti, Davide Poggio, Enric Velo. Producción De Biogás A Partir De Residuos Orgánicos En Biodigestores De Bajo Coste. Ver [enlace](#).
- [67] Rodrigo Alejandro Urrea Balcazar. Evaluación técnico-económica para la implementación de un biodigestor anaeróbico en una lechería tipo de la Región de Los Lagos. 2009. Ver [enlace](#).
- [68] Ricardo G. Cervi, Maura S. T. Esperancini y Osmar de C. Bueno. Economic Viability of using Biogas for Electrical Power Generation. Información Tecnológica Vol. 22(4), 3-14 (2011). Ver [enlace](#).

- [69] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Clasificación de las explotaciones agrícolas del VI Censo Nacional Agropecuario según tipo de productor y localización geográfica. 2000. Ver [enlace](#).
- [70] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Panorama de la Agricultura Chilena. 2017. Ver [enlace](#).
- [71] Ministerio de Agricultura; Superintendencia de Servicios Sanitarios; Federación Nacional de Productores de Leche. Guía de recomendaciones para el manejo de purines de lechería. 2006. Ver [enlace](#).
- [72] Sustentank. Encargado por el Ministerio de Energía. Diseño de un instrumento de fomento proyectos biogás – biomasa asociativos. 2012. Ver [enlace](#).
- [73] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Descripción de las explotaciones con ganado bovino. 2009. Ver [enlace](#).
- [74] Instituto Nacional de Estadísticas. Censo Agropecuario y Forestal 2007. Ver [enlace](#).
- [75] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. Estadísticas productivas. Ver [enlace](#).
- [76] José Antonio Guardado. Manual de explotación de una Pequeña Planta de Biogás. 2008. Ver [enlace](#).
- [77] Portal Energía Región. Ver [enlace](#).
- [78] Comisión Nacional de Energía. Portal Gas en Línea. Ver [enlace](#).
- [79] Comisión Nacional de Energía. Tarificación eléctrica. Ver [enlace](#).
- [80] Comisión Nacional de Energía. Portal Energía Abierta. Ver [enlace](#).
- [81] Suporn Koottatep; Manit Ompont; Tay Joo Hwa. Bio-gas: GP Option for Community Development. Prepared for Asian Productivity Organization. 2003. Ver [enlace](#).
- [82] SNV; CIMNE-UPC; Hivos. Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Bolivia. 2012. Ver [enlace](#).
- [83] CIDELSA. Biodigestores, una alternativa tecnológica para el futuro. Ver [enlace](#).
- [84] VIOGAZ. Modelos de biodigestores. Ver [enlace](#).
- [85] Agència de Residus de Catalunya. Guía de los tratamientos de deyecciones ganaderas. 2004. Ver [enlace](#).
- [86] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Manual Informativo - Elabore su propio biodigestor de bajo costo. 2005. Ver [enlace](#).

[87] Cesar Gómez, Neín Farrera, Joel Moreira. Factibilidad del uso de biogás como combustible en la industria ladrillera del municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. AIDIS, Vol. 7, No. 1, 6 de Abril de 2014. Ver [enlace](#).

[88] Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. El biogás: alternativa energética emergente. 2007. Ver [enlace](#).

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1: Marco de trabajo utilizado para la búsqueda de publicaciones

Descriptores técnicos ¹⁵¹	livestock waste; livestock residues; Animal waste; dairy cattle slurry; dairy cattle slurries; liquid dairy cattle manure; Poultry slurry; Poultry slurries; liquid poultry manure; animal slurry; animal Liquid manure; cattle slurry; cattle slurries; liquid cattle manure; pig slurry; Pig Slurries; liquid pig manure; Cow slurry; Cow slurries; liquid cow manure; Animal manure; pig dung; pig manure; Cattle dung; Cattle manure; Poultry manure; Poultry dung; Horse manure; Horse dung; Cow dung; Cow manure; farmyard manure; Olive-mill solid waste; organic farm waste; grape pomace; Prunings waste; fruit waste; Vegetable solid waste; Vegetable waste; Agri-waste; biogas; anaerobic treatment; methane production; anaerobic digestion; anaerobic digester; biodigester; biogas plants; biogas generation; Biogas production; Anaerobic codigestion; Anaerobic co-digestion; anaerobic fermentation; Anaerobic Digester; Biomethanization; Biomethanation; Anaerobic Digester.
Período	2012-2017
Fuentes de información	Scopus: Base de datos de la empresa Elsevier que contiene 18.000 revistas de más de 5.000 editores internacionales, con referencias citadas desde 1996, información multidisciplinar a nivel mundial, figurando entre sus principales materias las Ciencias Físicas, Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales y Ciencias de la Vida.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

¹⁵¹ Los descriptores técnicos corresponden a términos clave (keywords) que describen el área de interés para el presente estudio.

7.2 Anexo 2: Empresas identificadas con 1 publicación

Empresa	País
Zueblin Umwelttechnik GmbH	Alemania
LimnoTec Abwasseranlagen GmbH	Alemania
ISF GmbH	Alemania
Electrochaea GmbH	Alemania
Biopract GmbH	Alemania
Arbi GmbH	Suiza
AlpS-GmbH	Austria
Ros Roca Envirotec S.L.	España
DMK Ingeniería S.L.	España
Ahidra, Agua y Energía S.L.	España
Shijiazhuang Hongyi Energy Saving and Environmental Protection Technology Co. Ltd.	China
Prongineer R and D Ltd.	Canadá
Hunan Changsha Lüye Bio-Technology Co. Ltd	China
Guangdong Huianhengda Management Consulting Co. Ltd.	China
Biosfer Consultancy and Engineering Ltd.	Turquía
Bioprocess control (Sweden) Co. Ltd.	China
Beijing Drainage Group Co. Ltd.	China
Asahi Tech Co. Ltd.	Japón
MAHLE Engine Components Co., Ltd.	China
Zukosha Co. Ltd.	Japón
Zibo Tsingda Powder Material Engineering Co. Ltd.	China
Tianjin Huankeyuan Environmental Science and Technology Ltd	China
Shandong Binzhou Tsingda Science and Technology Co. Ltd.	China
Research and Development Center of Beijing Capital Co. Ltd	China
Rengo Co. Ltd	Japón
Muradel Pty Ltd Australia	Australia
Kingdom Bioenergy Ltd	Reino Unido
China Power Conservation & Environment Protection Co. Ltd.	China
Aban Infrastructure Pvt Ltd	India
Guangxi Guitang (Group) Co. Ltd.	China
BioSoil EU B.V.	Países Bajos
Colsen Holding BV	Países Bajos
BV Dairy	Reino Unido
Centa s.r.l.	Italia
Burns and McDonnell Engineering Company	Estados Unidos
Petrochina Tarim Oilfield Company	China
Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)	Brasil

Companhia de Gás de Santa Catarina - SCGAS	Brasil
XY-Green Carbon Inc.	Canadá
Himark BioGas Inc.	Canadá
Organix Inc.	Estados Unidos
Menke Consulting Inc.	Estados Unidos
ProCycla SPA	Chile
DuPont Industrial Biosciences	Reino Unido
Anpario Plc	Reino Unido
Pelagosphaera s.c.r.l.	Italia
S.A.I.T.A. srl	Italia
Estrella de Levante, S.A.U	España
Corticeira Amorim, S.G.P.S.	Portugal
Germane Environmental Consulting LLC	Estados Unidos
Agroväst	Suecia
Agro Paris Tech	Francia
ENKI, o.p.s	República Checa
Mainstream Engineering Corporation	Estados Unidos
Sanoyas Shipbuilding Corporation	Japón
National Water and Sewerage corporation	Uganda
ProCycla SL	España

7.3 Anexo 3: Marco de trabajo utilizado para la búsqueda de patentes

Descriptores técnicos¹⁵²	<p>Agro-waste; vegetable waste; fruit waste; pruning waste; grape pomace; farm waste; agricultural waste; agricultural residue; manure; animal manure; animal slurry; cattle manure; cow dung; cow slurry; dairy cattle slurries; dairy manure; farmyard manure; horse manure; liquid poultry manure; pig manure; pig slurry; poultry manure; poultry waste; animal waste; bovine manure; bovine slurry; cattle manure; cow manure; cow waste; farm manure; livestock manure; livestock slurry; livestock residue; livestock waste; pig manure; porcine manure; swine manure; biogas; anaerobic digestion; anaerobic treatment; methane production; biomethane production; biogas generation; biogas production; anaerobic fermentation; anaerobic biodigestión; anaerobic digester; anaerobic digester; anaerobic reactor; anaerobic bioreactor; biodigester; biogas digester; biogas reactor; biogas digester; biological digester; on farm digester; manure digester; cyclic biodigester; poly-phasic biodigester; anaerobic column reactor.</p>
Período	<p>2012-2017</p>
Códigos CIP¹⁵³	<p>C02F 3/28: Procedimientos de digestión anaerobios. C02F 3/30: Procedimientos aerobios y anaerobios. C02F 11/04: Tratamiento anaerobio; producción del metano por tales procesos. C12P 5/02: Preparación de hidrocarburos; acíclicos.</p>
Fuentes de información	<p>Las bases de datos de patentes consultadas fueron las siguientes: USPTO: Base de datos de Patentes de la Oficina de Patentes y Marcas de EE.UU. Esp@cenet: Colección de bases de Datos de patentes nacionales e internacionales hospedada y gestionada en la Oficina Europea de Patentes (EPO). Patentscope: Base de datos de la Oficina Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI). INAPI: Base de datos de patentes nacionales del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial.</p>

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018.

¹⁵² Los descriptores técnicos corresponden a términos clave (keywords) que describen el área de interés para el presente estudio.

¹⁵³ La Clasificación Internacional de Patentes (CIP), constituye un sistema jerárquico de símbolos que no dependen de idioma alguno para la clasificación de las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen. Detalle en el siguiente [enlace](#).

7.4 Anexo 4. Patentes destacadas en las principales áreas tecnológicas

- **Código C12P 5/02: Preparación de hidrocarburos; acíclicos.**

Número patente	Título	Año	Solicitante	Resumen
US9797597B2	Sistemas y métodos para convertir la biomasa en biocrudo a través de la licuefacción hidrotermal.	2017	UNIV TEXAS.	Describe un sistema y método para convertir biomasa en biocrudo a través de la licuefacción hidrotermal. La novedad radica en la utilización de un reactor de licuefacción hidrotermal configurado para convertir biomasa líquida en biocrudo. La ventaja de esta innovación se centra en la posibilidad de utilizar diversos tipos de biomasa, tales como: residuos de animales, residuos de alimentos y otros bio-residuos sólidos. El sistema es de bajo costo, fácilmente escalable y permite la autosuficiencia energética para diversos sectores productivos.
US9790115B2	Procesamiento de biomasa mediante procesamiento termoquímico y digestión anaeróbica en combinación.	2017	UNIV WASHINGTON STATE.	Describe un sistema para procesar al menos una fuente de biomasa que comprende un digestor anaeróbico, al menos un reactor termoquímico, un sistema de condensador fraccional y un sistema de transferencia. El digestor anaeróbico es adecuado para la digestión de biomasa con bajo contenido de sólidos, mientras que el reactor termoquímico es adecuado para la degradación controlada de biomasa de alto contenido sólidos. El sistema es altamente eficiente en términos de costo y está enfocado a la adopción de tecnologías asociadas con combustibles alternativos. Esto es especialmente valioso en las granjas rurales y/o en las refinerías rurales de biocombustibles, donde la eliminación de desechos y las oportunidades para aumentar los beneficios agrícolas son una de las principales preocupaciones operacionales.
US9683249B2	Procesamiento de biomasa.	2017	XYLECO INC.	Describe un método para el procesamiento de biomasa, que comprende combinar una primera biomasa celulósica o lignocelulósica, a la que se le aplica un tratamiento con un microorganismo para reducir su recalcitrancia, e inducir la producción de una o más enzimas por parte del microorganismo manteniendo la

				combinación de microorganismo-biomasa en condiciones que permitan la producción de la(s) enzima(s) por el microorganismo.
US9688585B2	Dispositivo ensamblable ligero y método respectivo para producción de biogás y fertilizante líquido.	2017	ECOGAS ISRAEL LTD.	Describe un sistema para reciclar residuos orgánicos en biogás, que implementa un proceso de digestión anaeróbica, comprende un andamiaje estructural, un digestor anaeróbico plegable flexible con una estructura cerrada. El sistema forma una unidad independiente autónoma y tiene una operación fluida sostenida.
US9328323B2	Sistemas y métodos para la digestión de residuos sólidos.	2016	AIKAN NORTH AMERICA INC.	Describe un Aparato para la descomposición de materia orgánica en biogás y compost. Comprende un tanque de procesamiento de residuos para hidrólisis y compostaje de desechos orgánicos, un sistema de pulverización para pulverizar el líquido de percolado sobre los residuos orgánicos, y un tanque de reactor de biogás. Su ventaja radica en que el sistema no requiere mover la fracción sólida de los residuos entre las diferentes etapas del proceso, siendo necesaria solo la carga inicial de los desechos y la descarga final de los sólidos después de la desinfección.

Fuente: Elaboración propia. IALE Tecnología Chile, 2018

- **Código C02F 11/04: Tratamiento anaerobio; Producción del metano por tales procesos.**

Número patente	Título	Año	Solicitante	Resumen
US9527759B2	Método para tratar y/o pre tratar estiércol líquido o rechazo de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, particularmente nitrógeno, fósforo y moléculas de olor.	2016	Pellon Group OY	Describe un método para el tratamiento previo de estiércol líquido o desechos de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, que implica el uso de dos tanques de proceso secuenciales que comprenden microbios para el tratamiento biológico de la materia y una torre de extracción para eliminar nitrógeno. Su ventaja radica en que al disminuir el contenido de amonio, permite reducir la toxicidad y la inhibición del producto de amoníaco y mejorar el proceso biológico.
US9073770B2	Aparato de digestor	2015	Usemco Inc.	Describe un equipo para digestión anaeróbica, portátil, de alta velocidad

	anaeróbico portátil de alta velocidad y método de operación.			y su método de operación. El sistema permita la digestión de desechos, como por ejemplo estiércol de vacas lecheras. Comprende un tanque de digestión, un canal de drenaje ubicado cerca de la parte superior del tanque del digestor, un sinfín ubicado dentro del canal de drenaje, un skimmer, una cámara de doble válvula y un tanque de trampa de gas. Su ventaja radica en que el sistema es portátil, puede fabricarse fácilmente en una fábrica o granja y luego moverse fácilmente de un sitio a otro con el mínimo esfuerzo y sin el apoyo de un equipo de ingeniería, y rápidamente digiere los desechos con mayor tasa de digestión anaeróbica con un tiempo de retención hidráulica de 5 a 20 días basado en la calidad del desecho.
US8926841B2	Sistema y método para convertir residuos orgánicos en metano y otros productos útiles.	2015	Waste Management National Services Inc.	Describe un sistema de procesamiento de residuos orgánicos, útil para producir un lodo para la producción de biogás y combustibles utilizados en el transporte de productos. El sistema de procesamiento de desechos orgánicos permite la producción de lodos con un bajo costo, una alta productividad y sin contaminación, siendo este un sistema amigable con el medio ambiente.

- **Código C02F 3/28: Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla; Procedimientos de digestión anaerobios.**

Número patente	Título	Año	Solicitante	Resumen
US9242881B2	Digestión anaeróbica secundaria de fase solida produciendo más biogás.	2016	Shih Jason Chia.	Describe un método de digestión anaeróbica secundaria en fase sólida que produce más biogás. El método es útil para procesar el efluente de digestión anaeróbica para producir biogás y un digestato secundario semisólido que es útil como fertilizante, donde el efluente se obtiene de una digestión anaeróbica de material orgánico como lodo de aguas residuales, desechos forestales industriales, residuos agrícolas y desechos animales, entre otros.
US9174883B2	Recuperación de residuos,	2015	Feed Resource Recovery Inc.	Describe un sistema de procesamiento de residuos utilizado

	conversión y utilización.			para recuperar los residuos biodegradables, que comprende entradas para recibir un flujo heterogéneo de desechos que incluye componentes biodegradables y no biodegradables, un pulper conectado de manera fluida a la entrada y un biorreactor de membrana anaeróbica.
US8771980B2	Líquido combinado para la digestión anaeróbica de fase sólida para la producción de biogás de residuos municipales y agrícolas.	2014	Fundación de Investigación de la Universidad Estatal de Ohio	Describe un sistema de digestión anaeróbica combinada de fase líquido a sólida, para la producción de biogás a partir de desechos, en particular para desechos agrícolas y otros (como por ejemplo, desechos municipales). Su ventaja radica en que el proceso recicla efectivamente el efluente de digestión líquida de una digestión anaeróbica líquida (AD) y lo utiliza como inóculo para una digestión anaeróbica de estado sólido (SS-AD), por lo que se superan varias barreras en el uso de SS-AD a la vez. El uso de efluente como inóculo elimina la necesidad de suplementos de nitrógeno en el proceso SS-AD.
US8440084B2	Digestor anaeróbico lavable con biofilm fijo.	2013	Greenwatt	Describe un digestor anaeróbico lavable con biofilm fijo. El digestor anaeróbico posee un sistema de descarga de agua para el tratamiento de efluentes para la producción de biogás, y comprende dos tanques conectados entre sí, una tubería de evacuación de lodo, tubería de evacuación de gas, bomba de recirculación y bomba de evacuación. Su principal ventaja radica en que el sistema crea y mantiene un ambiente óptimo para el desarrollo y la actividad de bacterias anaeróbicas, mientras que el espesor de la biopelícula asegura un tratamiento seguro y rápido de los efluentes y la producción eficiente de biogás.
EP1828065B1	Método para aumentar la producción de biogás en fermentadores anaeróbicos y termófilos.	2012	Schmack Biogas GmbH.	Describe un método para aumentar la producción de biogás en fermentadores anaeróbicos termófilos. El método es simple, económicamente viable y su operación es tecnológicamente estable debido a los sistemas simples de reactor único.

7.5 Anexo 5. Descripción de instalaciones identificadas

A continuación se describen aspectos más específicos sobre las instalaciones identificadas en el punto 2.4.

7.5.1 Instalaciones a nivel nacional

Energía Térmica CET Gendarmería Osorno

País: Chile.

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁵⁴.

Año de inicio de operación: 2016.

Tipo de sustrato: Excretas de gallinas.

Biodigestor: Piscina cubierta

Geomembrana EPDM. El material utilizado para impermeabilizar es la geomembrana EPDM de 1,14mm de espesor, con una durabilidad de más de 20 años expuesta al sol y un porcentaje de elongación de hasta un 400%.



Generación de biogás: s/i

Uso: Autoconsumo. Abastece la cocina y energía necesaria para mantener la calefacción de las dependencias.

Inversión: \$15.000.000¹⁵⁵

Descripción general:

El Plantel Avícola cuenta con un sistema canalización de RILES (Guano más agua de lavado), generados en las salas para ser llevados al Biodigestor que procesan estos RILES, Convirtiendo la materia orgánica en biogás que actualmente se utiliza para cocinar los alimentos del personal y el excedente de este biogás se utilizaría para la calefacción del galpón donde se encuentran las gallinas¹⁵⁶.

Plantel Avícola de 1.000 gallinas.

Contacto: AMTAHUER 1399, OSORNO. Tel: 64-2227505, Osorno, Región de Los Lagos.

¹⁵⁴ Ver propuesta técnica en el siguiente [enlace](#).

¹⁵⁵ Gendarmería inaugura "Biodigestor" generando gas con su plantel avícola. Ver [enlace](#).

¹⁵⁶ Ver detalle en el siguiente [enlace](#).

Agrícola El Tranque de Angostura

País: Chile.

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁵⁷.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Geomembrana.

La empresa ofrece 3 alternativas de biodigestores de geomembranas.



EPDM: Geomembrana de caucho EPDM marca Firestone de U.S.A.

La geomembrana EPDM tiene una elongación de 300% y una resistencia UV que asegura su vida útil durante 25 años expuesta al sol, es un excelente producto de alta calidad. Los espesores disponibles son 1,14mm y 1,5mm. Solo se entrega instalada.

HDPE: Geomembranas HDPE en estanques y acopios de agua. Conversión de estanques con HDPE a Biodigestores.

PVC: Geomembranas PVC dimensionados en diferentes espesores 0,5mm, 0,8mm, 1mm. Esta geomembrana viene en dos alternativas con y sin filtro UV, no tiene elasticidad y está orientada para impermeabilizar estanques de agua, pozos purineros.

Generación de biogás: s/i

Uso: Reemplazo GLP; Venta a la red¹⁵⁸.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 37 mil cerdos, que generan 600 m³/día de riles.

Permite reemplazar 50 mil litros de GLP al año.

Además contempla la venta de energía a la red¹⁵⁹.

Contacto: Justo Geisse n°732 Osorno, Tel: +56-962691331

Nombre contacto: Mario Avila Grothusen. E-mail: contacto@biotecsur.cl;
marioavila@biotecsur.cl

¹⁵⁷ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

¹⁵⁸ El proyecto de modificación para el tratamiento de riles fue rechazado por la autoridad ambiental. Ver el siguiente [enlace](#).

¹⁵⁹ Empresa fue sancionada por olores. Ver el siguiente [enlace](#).

Planta Biogas Energía Térmica CET Gendarmería Talca

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁶⁰.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor tipo piscina.

La empresa ofrece 3 alternativas de biodigestores de geomembranas:

EPDM: Geomembrana de caucho EPDM marca Firestone de U.S.A.

La geomembrana EPDM tiene una elongación de 300% y una resistencia UV que asegura su vida útil durante 25 años expuesta al sol. Los espesores disponibles son 1,14mm y 1,5mm.

HDPE: Geomembranas HDPE en estanques y acopios de agua. Conversión de estanques con HDPE a Biodigestores.

PVC: Geomembranas PVC dimensionados en diferentes espesores 0,5mm, 0,8mm, 1mm. Esta geomembrana viene en dos alternativas con y sin filtro UV, no tiene elasticidad y está orientada para impermeabilizar estanques de agua, pozos purineros.

Generación de biogás: 1 m³/hr

Uso: Autoconsumo; Calefacción para crías de cerdos¹⁶¹.

Inversión: \$30.000.000; \$35.000.000 (adicionales por alianza con CEAP)¹⁶².

Descripción general:

El material utilizado para impermeabilizar es la geomembrana EPDM de 1,14mm de espesor, con una durabilidad de más de 20 años expuesta al sol y un porcentaje de elongación de hasta un 400%.

Biotecsur está certificada para instalar geomembrana de EPDM de Firestone en Chile.

Plantel de 300 cerdos.

Contacto: Gendarmería Chile

Nombre contacto: Cristian Aravena. Tel: (56 9) 97771618.

E-Mail: christian.aravena@gendarmeria.cl



¹⁶⁰ Ver ficha técnica de Biotecsur en el siguiente [enlace](#).

¹⁶¹ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

¹⁶² Ver propuesta técnica en el siguiente [enlace](#).

Lácteos Tinguiririca

País: Chile.

Empresa desarrolladora: Genera 4 S.A¹⁶³.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines de vaca

Biodigestor: Agitación Completa (CSTR)

Piscina grande cubierta por dos lonas. Una en contacto directo con el metano y la otra, ocasionando una presión positiva de aire, la cual funciona como un pulmón.



Generación de biogás: 50 m³/hr.

Uso: Inyección al SIC.

Inversión: US\$ 1.000.000.

Descripción general:

Lácteos Tinguiririca es una mediana Empresa ubicada en la comuna de Chimbarongo¹⁶⁴.

Solución definitiva al manejo de guanos y purines, para disminuir el impacto ambiental de las sustancias amoniacales y sulfhídricas que se generan¹⁶⁵.

Plantel de 700 vacas lecheras. Su capacidad de proceso es de 75 m³/día de purines de vacuno¹⁶⁶.

Contacto: Camino Longitudinal Sur S/N Km. 151, Chimbarongo.

Teléfono: (56-72) 278 1810

Web: www.lacteostinguiririca.cl

¹⁶³ Información empresa desarrolladora en el siguiente [enlace](#).

¹⁶⁴ Más detalle en el siguiente [enlace](#).

¹⁶⁵ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

¹⁶⁶ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Biodigestor agro-domiciliario Río Negro

País: Chile.

Empresa desarrolladora: Biotecsur.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: 0,5 m³/día.

Uso: para uso domiciliario.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Planta de tratamientos para purines de cerdo ubicada en la ciudad de Río Negro, Región de Los Lagos. Operada por el Sr. René Salazar¹⁶⁷.

Plantel de 20 cerdos.



Fundo El Maqui

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁶⁸.

Año de inicio de operación: 2012

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: s/i

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 180 vacas

Contacto: Tehuealda, camino a San Pedro. Purrunque, Región de Los Lagos.

Nombre contacto: Jaime Amtahuer. Tel: (56 9) 92710203.



¹⁶⁷ Ver detalle en el siguiente [enlace](#).

¹⁶⁸ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

Proyecto Quebrada Honda

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁶⁹.

Año de inicio de operación: 2012

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: 4 m³/día.

Uso: Autoconsumo. 1 a 2 ordeñas/día.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 250 - 300 vacas.

Contacto: Ricardo Bornscheuer. Tel: (56 9) 92208475. E-mail: rbornsch@yahoo.es

Puyehue, Cruce Cardal. Región de Los Lagos



Fundo El Ánima

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁷⁰.

Año de inicio de operación: 2012

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: 32 m³/día.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 150 - 250 vacas.

Contacto: Resi Reinecke. Tel: (56 9) 85299283. E-mail: agaschisi@gmail.com

Camino a Crucero Km 15 –Purranque, Región de Los Lagos.



¹⁶⁹ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

¹⁷⁰ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

El Coique

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁷¹.

Año de inicio de operación: 2011.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: 15 m³/día.

Uso: Para calefacción de terneros.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 80 vacas.

Contacto: Alejandro Astete. Tel: (56 9) 88183596.

Ruta Internacional 215, Km 35 camino a Puyehue, Región de Los Lagos.



Fundo el Coihue

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁷².

Año de inicio de operación: 2011.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Laguna cubierta.

Generación de biogás: 5 m³/día.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i

Descripción general:

Plantel de 250 - 300 vacas.

Contacto: Reinner Neumann. Tel: (56 9) 96428552

Ruta Puyehue, Km 37, Región de Los Lagos.



¹⁷¹ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

¹⁷² Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

Proyecto biodigestores Coltauco

País: Chile

Empresa desarrolladora: David Pérez (con financiamiento del Ministerio de Energía)¹⁷³.

Año de inicio de operación: 2010.

Tipo de sustrato: Desechos orgánicos.

Biodigestor: 2 digestores; indio y chino.

Generación de biogás: 0,1 m³/día.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: \$5.000.000

Descripción general:

Se construyeron 2 biodigestores en la comuna de Coltauco y además se capacitó a la comunidad en la construcción y uso de estas tecnologías. Aparte del uso del biogás, se presenta muy atractivo el uso de biofertilizante. Debido a las bajas temperaturas en invierno, se incorporan sistemas de aislación y calefacción a los biodigestores, por lo que se espera mejorar la producción en invierno. Estas mejoras serán probadas en el invierno del 2011, ya la carga y puesta en marcha comenzó en el mes de agosto del 2010¹⁷⁴.

Contacto: David Pérez. Tel: 96335325. E-mail: quilaquillen@gmail.com

Coltauco, Región de O'Higgins.



Fundo Maipue

País: Chile

Empresa desarrolladora: Biotecsur¹⁷⁵.

Año de inicio de operación: 2008.

Tipo de sustrato: Desechos orgánicos.

Biodigestor: Geomembrana.

Generación de biogás: 0,5 m³/día.

Uso: Calefacción domiciliaria. Biofertilizante.

Inversión: s/i



¹⁷³ Ver detalle en el siguiente [enlace](#).

¹⁷⁴ Ver video en el siguiente [enlace](#).

¹⁷⁵ Ver ficha técnica en el siguiente [enlace](#).

7.5.2 Instalaciones a nivel internacional

Nambí de Nicoya (Guanacaste)

País: Costa Rica.

Empresa desarrolladora: Viogaz¹⁷⁶.

Año de inicio de operación: 2017.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor Viogaz modelo V4, 4 m³ de capacidad. Geomembrana de PVC.

Generación de biogás: s/i

Uso: s/i

Inversión: US\$660 (corresponde al precio del biodigestor)¹⁷⁷.

Descripción general:

La instalación del biodigestor y el soporte técnico está a cargo de Viogaz, empresa que ha instalado más de 300 biodigestores, con oficinas en Costa Rica y Nicaragua, y biodigestores en muchos otros países.

Se utilizan los purines de 18 cerdos como materia prima para el funcionamiento del biodigestor¹⁷⁸.



¹⁷⁶ Detalle de los equipos de la empresa Viogaz en el siguiente [enlace](#).

¹⁷⁷ Biodigestores disponibles (capacidad) y precios, ver el siguiente [enlace](#).

¹⁷⁸ Más información en el siguiente [enlace](#).

Granja Gualanday

País: Colombia.

Empresa desarrolladora: Fundación Pro-Orgánica.

Año de inicio de operación: 2016.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor semi industrial de 300m³.

Generación de biogás: 80 m³/día.

Uso: Se producen 80m³ de biogás al día, de los cuales 25m³/día se utilizan para producción de electricidad, y 55m³/día para fines térmicos (por ejemplo el calentamiento de lechones, mediante calentadores que funcionan directamente a biogás y los procesos de cocción en viviendas y cocinas comunitarias).

Inversión: USD \$231.000 (incluye materiales y equipos, ingeniería, instalación y sistema de generación de energía para 10 kW).

Descripción general:

La granja Guandalay agrupa a 60 familias de la comunidad indígena Nasa¹⁷⁹.

Plantel de 650 cerdos.

El proyecto busca el aprovechamiento de los sub productos de la actividad porcícola de la granja Gualanday, en el norte del Cauca -como los restos de comidas, excretas, entre otros- tanto a nivel familiar como colectivo. Así mismo, promueve el uso de la materia orgánica de los cerdos a nivel energético, agrícola, económico y social, evitando la descarga de afluentes a campo abierto¹⁸⁰.



¹⁷⁹ Más detalles del biodigestor, ver el siguiente [enlace](#).

¹⁸⁰ Información del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Establecimiento ganadero "La Micaela"

País: Argentina.

Empresa desarrolladora: Biogás Argentina¹⁸¹.

Año de inicio de operación: 2016.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Tanque circular con base y paredes de hormigón de 20 cm de espesor recubierto en la parte superior por dos lonas de geomembrana de PVC, las cuales actúan como reservorio del gas producido y le dan forma de semiesfera que permite soportar las inclemencias climáticas.



El biodigestor (o reactor) tiene 15 m. de diámetro y 3 m. de alto, con una capacidad útil de 460 m³. Cuenta con un sistema de agitación constituido por un eje con paletas ubicado en el medio de la altura del reactor y hacia el centro que gira a bajas revoluciones favoreciendo el mezclado e impidiendo la deposición de sólidos en el fondo y la formación de costras en la superficie.

El Biogás generado alimenta un motor de Co-generación eléctrica (CHP) de 70Kwh de Potencia instalada, vendiendo la energía generada a la Cooperativa eléctrica del pueblo.

Generación de biogás: 800 m³/día.

Uso: Calefacción de un colegio. Venta a la red¹⁸² y uso en viviendas de un pueblo pequeño¹⁸³ (Carlos Tejedor).

Inversión: s/i

Descripción general: En forma diaria, los animales producen 13,5 toneladas de estiércol. Este es recolectado y tratado en un biodigestor de alta capacidad para generar 800 m³ diarios de biogás. A partir de ahora ese combustible se transformará en energía eléctrica gracias a un grupo electrógeno y se comercializará a la red local a través de la cooperativa de Carlos Tejedor.

Plantel: 500 vacunos¹⁸⁴.

¹⁸¹ Más información sobre la empresa Biogás Argentina en el siguiente [enlace](#).

¹⁸² La primera conexión a la red de un productor agropecuario de Buenos Aires que genera energía eléctrica a partir de estiércol. Ver [enlace](#).

¹⁸³ Un pueblo usa energía generada con el estiércol de las vacas. Ver [enlace](#).

¹⁸⁴ Información sobre visita técnica al establecimiento realizada por profesionales del INTA de Argentina en el siguiente [enlace](#).

Finca Santa Rosa del Tuma

País: Nicaragua.

Empresa desarrolladora:
Asogamat.

Año de inicio de operación:
2016.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Biodigestor doméstico de 13 m³ y otro mediano de 27 m³.



Generación de biogás: s/i

Uso: Iluminación de corrales y cocina

Inversión: s/i

Descripción general:

Experiencia de doña Gladys Bolt, empresaria agropecuaria, propietaria de una finca ganadera de doble propósito de 350 hectáreas.

600 cabezas de ganado y 120 vacas en ordeña.

Disminución de un 50% en el consumo de leña¹⁸⁵.

¹⁸⁵ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

Matadero Camaguey

País: Colombia.

Empresa desarrolladora:
Aqualimpia Engineering.

Año de inicio de operación:
2016.

Tipo de sustrato: Rúmen, desechos orgánicos y aguas residuales.

Biodigestor: Biodigestor de 2.500 m³, casa de máquinas, sistema de captación y purificación de biogás.



Largo: 40m, **Ancho:** 20 m, **Profundidad** 4 m.

Equipamiento: 3 agitadores alemanes de 18,5 kW; 4 bombas de 7,7 kW para extracción de lodos; Sistema de bombeo; Purificación de biogás; Antorcha combustión de biogás.

Generación de biogás: s/i.

Uso: El biogás se aprovecha como combustible para la producción de electricidad - calderas para auto consumo.

Inversión: s/i

Descripción general: Biodigestor para aprovechamiento de rúmen, desechos orgánicos y aguas residuales para la producción de biogás¹⁸⁶.

¹⁸⁶ Más información en el siguiente [enlace](#).

Courcoué Plant

País: Francia

Empresa desarrolladora:
HoSt.

Año de inicio de operación:
2016.

Tipo de sustrato: Purines de vaca en combinación con hierba vieja.

Biodigestor: Comprende 2 biodigestores de 1.000 m³ cada uno.



Generación de biogás: s/i.

Uso: Secado de alfalfa y chips de madera.

Inversión: s/i.

Descripción general:

La planta convierte todo el estiércol de ganado combinación con hierba vieja en electricidad. El calor disponible se utilizará para el secado de Alfalfa y astillas de madera.

La producción de electricidad es igual al consumo de aproximadamente 750 hogares¹⁸⁷.

¹⁸⁷ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Escuela Agrotécnica Salesiana

País: Argentina.

Empresa desarrolladora:
Biogás Argentina.

Año de inicio de operación:
2016.

Tipo de sustrato: Purines de vacas, cerdos, Aves. Suero lácteo.

Biodigestor: Biodigestor de agitación completa de 300 m³.

Generación de biogás: s/i.

Uso: Calefacción.

Inversión: s/i.

Descripción general:

El proyecto tuvo dos partes, por un lado, la empresa española Energylab, que fue quien realizó el estudio de factibilidad y armó el proyecto. Y por el otro, la empresa constructora elegida, que fue Biogás Argentina. Todo esto fue financiado por tres actores: el Gobierno alemán, la Procura de Bonn (Alemania) y nuestra institución.

El biodigestor será abastecido de los efluentes de los animales y del suero de la industria láctea. Principalmente vendrá de la actividad porcina, que cuenta con 60 madres. A su vez, también se recolectarán de la producción tambera, en la cual hay 220 vacas en ordeño, y de las 1.000 gallinas que tienen en producción¹⁸⁸.

El proceso de construcción y puesta en marcha llevó aproximadamente 2 años¹⁸⁹.



¹⁸⁸ Más información en el siguiente [enlace](#).

¹⁸⁹ Ver más detalles en el siguiente [enlace](#).

Hacienda San Ramón - Agrícola Ganadera Onza

País: El Salvador.

Empresa desarrolladora:
Aqualimpia Engineering¹⁹⁰.

Año de inicio de operación:
2015.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Biodigestor de 3.500 m³.



La planta de biogás comprende un tanque de alimentación con un sistema de agitación, un biodigestor tropicalizado tipo laguna, una laguna de descarga de 1200 m³, un patio de secado de lodos de 200 m² y una casa de máquinas donde se ha instalado un generador marca AQLgen, con motor alemán de 300 kW.

Generación de biogás: 2.000 m³/día.

Uso: Venta a la red; Autoconsumo.

Inversión: US\$150.000. Equivalentes a C\$1.300.000 (moneda El Salvador 2015).

Descripción general: Biodigestor construido en hacienda ganadera San Ramón en El Salvador, en el año 2014/2015. En el biodigestor se aprovecha el estiércol producido por 1200 vacas lecheras.

En el biodigestor se produce adicionalmente un estimado de 2 toneladas diarias de fertilizante orgánico seco que se comercializa en las cercanías de la hacienda¹⁹¹.

¹⁹⁰ Información del proyecto en el siguiente [enlace](#).

¹⁹¹ Granjas invierten \$2 millones en generar energía con biogás. Ver [enlace](#).

Granja Xustás – Galicia

País: España.

Empresa desarrolladora: Norvento.

Año de inicio de operación: 2015.

Tipo de sustrato: Purines de vaca y residuos vegetales.

Biodigestor: Norvento Bio-Plant 50. Biodigestor de 350 m³. 50 kw energía eléctrica y 200 kw energía térmica. Procesa entre 2 - 4 toneladas al año de residuos¹⁹².



Generación de biogás: 190 m³/día.

Uso: Venta a la red.

Utilización de calor para procesamiento de leche.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Plantel de 110 cabezas de ganado vacuno que genera 8 m³/día de purín y 150 ton/año de residuos vegetales.

Genera 280.000 kwh/año.

Su impacto cubre el 100% de la demanda eléctrica y térmica de la granja.

¹⁹² Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Planta de biogás DEBO

País: Italia.

Empresa desarrolladora: SEBIGAS¹⁹³.

Año de inicio de operación: 2015.

Tipo de sustrato: Purines de vaca con paja.

Biodigestor: Reactores a lagunas cubiertas con recuperación del gas producido.

Generación de biogás: s/i

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Empresa piamontesa que posee alrededor de 2.000 bovinos de carne. En 2015, la sociedad, compuesta por un agricultor y un inversor, decidió de construir una planta de biogás para:

- Valorizar los residuos del estable de manera inteligente;
- Producir un fertilizante orgánico de calidad;
- Integrar los ingresos de la sociedad agrícola a través de la venta de energía eléctrica.

Planta de biogás constituida por un pre-tanque de carga y un mono-digestor. La planta funciona con sólo los subproductos del estable, es decir las deyecciones ganaderas, mezcladas con paja. Fueron adoptadas opciones de sistema diseñadas para maximizar las horas de funcionamiento, limitando el paro de la planta sólo para el mantenimiento ordinario del cogenerador.



¹⁹³ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Jasper Hill Farm

País: Estados Unidos.

Empresa desarrolladora:
EcoSolutions (Diseño); Mountain
Air (construcción)¹⁹⁴.

Año de inicio de operación:
2014.

Tipo de sustrato: Purines de
vaca (lecheras).

Biodigestor: Mixed plug flow.

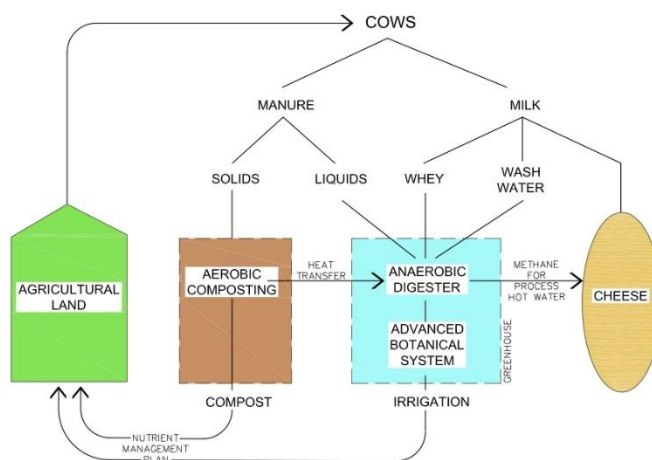
Generación de biogás: s/i

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Plantel de 45 vacas lecheras.



¹⁹⁴ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Biodigestor familiar Ypacaráí.

País: Paraguay.

Empresa desarrolladora: Consejo de Aguas de San Bernardino.

Año de inicio de operación: 2014.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: El digestor es un contenedor de plástico cerrado herméticamente, de 5 metros de largo, enterrado a 50 centímetros de la superficie del suelo y dos aberturas, una por donde se introduce el material orgánico y otro en donde sale el abono.



Generación de biogás: 85 kg/día.

Uso: Reemplazo de gas en cocinas (uso residencial por parte de los agricultores). Sin almacenamiento de gas.

Inversión: US\$620. Equivalentes a \$3.500.000 Guaraníes (2014).

Descripción general:

El biodigestor tiene la capacidad generar 85 kilos de gas por día, pudiendo ser utilizado por tres horas. Para comenzar su uso se debe cargar el contenedor con 5 baldes (20 kilos) de purines y agua. En 20 o 30 días se obtiene el gas, luego la producción del metano se mantiene con uno o dos baldes de purines al día¹⁹⁵.

¹⁹⁵ Familia produce biogás para uso doméstico mediante un biodigestor. Ver [enlace](#).

Planta Dendauw West Flanders

País: Bélgica.

Empresa desarrolladora:

Biogas-E.

Año de inicio de operación: 2014.

Tipo de sustrato: Purines de vaca;
Desechos producción de leche.

Biodigestor: Reactor volume: 125
m³, height: 2.5 m, diameter: 8 m.

- Residence time biomass: 18-25
days

- Electric power engine: 9.7 kW electric power, self-consumption of the installation is 0.85
kW

Generación de biogás: s/i

Uso: Consumo interno de la granja

Inversión: US\$112.000

+ US\$6.000 - US\$12.000 para adecuación de infraestructura.

Descripción general:

Plantel de 70 vacas, 50 vaquillas y 100 gallinas.

Recuperación de la inversión: 5 a 7 años¹⁹⁶.



¹⁹⁶ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Planta de biogás Iscar

País: España.

Empresa desarrolladora:
Biovec¹⁹⁷.

Año de inicio de operación: 2014.

Tipo de sustrato: Desechos de gallinas.

Biodigestor: Digestor primario de 700 m³ con cobertura de hormigón y una balsa de digestor secundario y con gasómetro de doble membrana. Incluye balsa de recepción alimentador de sólidos y balsa de material digerido¹⁹⁸.



Generación de biogás: s/i.

Uso: El biogás generado se emplea para el proceso de sacrificio de aves, por ejemplo para la limpieza de las cajas donde van las aves procesadas; también para procesos de cocción¹⁹⁹.

Inversión: US\$2.000.000 (\$1.700.000 euros).

Descripción general:

Planta de digestión anaeróbica de residuos sin generación de energía eléctrica y aprovechamiento térmico²⁰⁰.

En la planta, diariamente se sacrifican entre 35.000 y 40.000 pollos²⁰¹.

Con el biogás esperan reducir un 25% el coste de energía, mientras que el ahorro en emisiones de dióxido de carbono se sitúa en 261 t/año.

Se estima una producción de 1.141.400 kWh térmicos anuales y un autoconsumo térmico en la planta de 141.400kWh anuales.

¹⁹⁷ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

¹⁹⁸ Datos del proyecto en el siguiente [enlace](#).

¹⁹⁹ El grupo Hidalgo invierte un millón en ampliar el centro avícola de Iscar. Ver [enlace](#).

²⁰⁰ Ver detalle en el siguiente [enlace](#).

²⁰¹ El Grupo Hidalgo apuesta por el biogás en su matadero avícola. Ver [enlace](#).

Castelló de Farfanya

País: España.

Empresa desarrolladora:
Ecobiogas²⁰².

Año de inicio de operación:
2014.

Tipo de sustrato: Purín de vacuno y excretas de aves.

Biodigestor: Digestor en tanque de hormigón con capacidad para 2.000 m3.

Generación de biogás: s/i.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: US\$590.000
(\$500.000 euros).



Descripción general:

La planta de biogás de Castelló de Farfanya (Leida, España), trata purines de cerdo y estiércol avícola.

Planta 100% para Autoconsumo.

Capacidad de tratamiento: 16.700 m3 de purín de madres y engorde; 1.800 Tn de gallinaza.

Potencia: Potencia eléctrica del motor 100 kW; Potencia térmica del motor 121 kW.

Producción media anual (8.000 horas de funcionamiento): 800.000 kW eléctricos; 968.000 kW térmicos.

Retorno de la inversión en 6 años.

La planta trata aproximadamente 16.500 m3 al año de purines de cerdo y 1.800 toneladas al año de excretas de aves.²⁰³.

²⁰² Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

²⁰³ Más información en el siguiente [enlace](#).

Greenholm Farms

País: Canadá.

Empresa desarrolladora: PlanET Biogas Solutions.

Año de inicio de operación: 2014.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.
Residuos de papas.

Biodigestor: Biodigestor de agitación completa de 2.000 m³.

Generación de biogás: s/i.

Uso: Venta de la energía eléctrica a la red. La energía térmica se utiliza para mantener la temperatura del digestor.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Plantel de 140 vacas.

Se produce fertilizante que es utilizado en la misma granja²⁰⁴.



²⁰⁴ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

Biodigestor familiar provincia de Santa Cruz

País: Perú

Empresa desarrolladora: Asociación Evangélica de Ayuda para el Desarrollo Comunal (Diaconia)²⁰⁵.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines.

Biodigestor: Sistema compuesto por un reactor de geomembrana de PVC de 10m³ (75% para mezcla de agua y estiércol y 25% para biogás), cerrado herméticamente, tubería de polietileno para la conducción de gas, válvula de seguridad para controlar la presión, techo invernadero construido de agrofilm, filtro para purificar el gas y un reservorio gasómetro de 3m³.



Generación de biogás: 1 - 2 m³/día

Uso: Cocina.

Inversión: Instalación del sistema: US\$2.000 por cada familia.

Descripción general:

El proyecto implementa un modelo de biodigestor que permite manejar eficientemente los residuos sólidos de la crianza de animales de familias rurales, y aprovecharlos para la producción de biol para fertilizar los cultivos y pastos que sirven de alimento para el ganado, y biogás que se puede utilizar principalmente como energía calórica para cocinar.

2m³ de biogás diarios, permiten 3 horas de uso de cocina.

Se producen además 80 litros de biol (fertilizante) al día para aplicación directa foliar y/o radicular a cultivos y pastos, una vez por semana.

²⁰⁵ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Rancho lechero “El Tarasco” Oaxaca

País: México.

Empresa desarrolladora: Sistema Biobolsa²⁰⁶.

Año de inicio de operación: 2007.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Sistema Biobolsa 40 m3.

Generación de biogás: 40 m3/día.

Uso: Biogás para calentar el agua para limpieza del equipo de ordeña, para operar bomba de vacío de ordeñadora y para uso doméstico en casa de vaquero.



Inversión: US\$4.700 (biodigestor). Equivalentes a 90.000 pesos mexicanos.

Descripción general:

El Rancho Tarasco en Oaxaca funciona desde 2013 con un biodigestor de 40m3, produciendo lo equivalente a 116 Kg de gas LP/mes. El biogás se utiliza para generar energía eléctrica que hace funcionar bombas de ordeña²⁰⁷.

50 vacas en ordeña.

Utiliza el Biol para maíz, sorgo y otros cultivos.

Ahorros de \$3,500 (US\$180) mensuales en combustible.

²⁰⁶ Casos de éxito de la empresa Sistema Biobolsa en el siguiente [enlace](#).

²⁰⁷ Transformando los Desechos Pecuarios de mi Agronegocio en Energía y Ahorros para mi Granja. Ver [enlace](#).

Granja porcina Agronsella

País: España.

Empresa desarrolladora:
Biovec²⁰⁸.

Año de inicio de operación: 2013.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: s/i.

Generación de biogás: 410 m³/día.

Uso: Autoconsumo - calefacción.

Inversión: US\$260.000 (\$220.000 euros).



Descripción general: BIOVEC ha realizado: Tramitación de permisos, diseño, ingeniería de detalle, gestión de compras, dirección de obras e instalaciones y puesta en marcha²⁰⁹.

Volumen tratado: Aprox. 6.000 Tm/año de deyecciones porcinas.

Granja con capacidad para 2.200 cabezas en ciclo cerrado.

Se trata de la primera planta de biogás de este tipo en España, capaz de abastecer el 100% de la demanda de calefacción de la explotación.

La valorización del residuo ganadero además de su indudable componente medioambiental, supone en este caso un considerable ahorro en el gasto energético, estimado en 70.000 € anuales en calefacción.

Además, se obtienen cerca de 15.000 t/año de abono orgánico para autoconsumo²¹⁰.

²⁰⁸ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

²⁰⁹ Ver detalles en el siguiente [enlace](#).

²¹⁰ Alternativas del biogás: el autoconsumo térmico. Ver [enlace](#).

Wagner Farms

País: Estados Unidos.

Empresa desarrolladora:
CHFour Biogas²¹¹.

Año de inicio de operación:
2011.



Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Biodigestor de 1.000 m3.

Generación de biogás: 50 m3/hr.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: s/i.

Descripción general:

Plantel de 350 vacas.

²¹¹ Detalles de la instalación en el siguiente [enlace](#).

Keewaydin Farm

País: Estados Unidos.

Empresa desarrolladora: Avatar Energy.

Año de inicio de operación: 2011.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Plug Flow modular de 100 m³.

Generación de biogás: 140 m³/día.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: US\$680.000

Descripción general:

Plantel de 120 vacas lecheras²¹².



²¹² Descripción técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Biogenetik

País: República Dominicana

Empresa desarrolladora:
Terralimpia Solutions²¹³ Biogas

Año de inicio de operación:
2011.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Pozo cubierto de 2,000 metros cúbicos.

Generación de biogás: 180 m³/día.

Uso: Autoconsumo.

Inversión: US\$42.000, \$2.000.000 (pesos RD)

Descripción general: A través de un pozo de 2,000 metros cúbicos, en el que se vierte el estiércol mezclado con agua, se genera un gas que es 65% natural, el cual es utilizado como combustible para el generador eléctrico y para la cocina de la granja.²¹⁴

Plantel de 1.000 cerdos.

Ahorro de US\$1.800 mensuales en combustibles.

Recuperación de la inversión en 22 meses.

El remanente de la producción de energía con los desperdicios es un abono orgánico líquido denominado Bio, del cual la granja Biogenetik produce seis mil noventa y un kilogramos al día, acompañado de 319 kilogramos de lodo seco²¹⁵.



²¹³ Información de la empresa en el siguiente [enlace](#).

²¹⁴ Granja genera energía con estiércol de cerdos. Ver [enlace](#).

²¹⁵ El cerdo no solo es carne, también es energía limpia. Ver [enlace](#).

Granja La Estrella

País: México

Empresa desarrolladora:

Año de inicio de operación: 2008.

Tipo de sustrato: Purines de vaca.

Biodigestor: Biodigestor tipo laguna, de 30 m x 30 m.

Contenedor cerrado, hermético e impermeable, fabricado sobre la tierra, en el cual se depositan los purines del ganado. Cuenta con un dispositivo de salida para líquido y otro capaz de captar y almacenar el biogás.

El biodigestor se encuentra forrado con un material de Polietileno de Alta Densidad (geomembrana), el cual funciona como estabilizador de calor.

Generación de biogás: 1.400 m³/día.

Uso: Autoconsumo (pozos, establo y bombas del mismo sistema). Se utiliza el 70% para generar 110 kW y se opera la planta durante 14 horas/d. El restante 30% se incinera. Se abastece 80% del consumo del establo²¹⁶.

Inversión: s/i.

Descripción general:

El proyecto nació como respuesta al problema de la eliminación del estiércol, cuyo costo impacta fuertemente en los gastos de producción y adquiere dimensiones incontrolables en épocas de lluvia.

Plantel de 1.020 vacas lecheras²¹⁷.

Ahorro de US\$5.200 mensual en energía (producción, mantenimiento y operación)²¹⁸.



²¹⁶ Una empresa ganadera emplea sus desechos para abastecerse de energía. Ver [enlace](#).

²¹⁷ "La bioenergía en México: Estudios de caso. Ver [enlace](#).

²¹⁸ Antecedentes del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Reinford Farm

País: Estados Unidos.

Empresa desarrolladora: RCM Digesters²¹⁹.

Año de inicio de operación: 2008.

Tipo de sustrato: Purines de vaca. Desechos de alimentos.

Biodigestor: Agitación completa²²⁰.

Generación de biogás: s/i.

Uso: Autoconsumo. Calefacción

Inversión: s/i.

Descripción general:

Plantel de 500 vacas.

Reinford Farm en Mifflintown, Pensilvania, recibe de 60 a 70 toneladas por semana de desechos comerciales de alimentos, que procesa con estiércol de las vacas²²¹.



²¹⁹ Un listado de las instalaciones que posee esta empresa se encuentra en el siguiente [enlace](#).

²²⁰ Ficha técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

²²¹ Más información en el siguiente [enlace](#).

Criadero de Cabañas Argentinas del Sol

País: Argentina.

Empresa desarrolladora: Bio Metano del Sur.

Año de inicio de operación: 2007.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor de laguna cubierta de polivinilo de 2.250 m³.

Generación de biogás: 500 m³/día.

Uso: Calefacción. Con un par de calefones, en serie, se calienta el agua que luego circula por las pistas de engorde por un sistema de losa radiante. Las tuberías están tendidas a lo largo de los galpones, en el exterior, y recubiertas con material aislante así el agua no pierde temperatura.

Inversión: US\$120.000.

Descripción general:

Criadero de cerdos resolvió el grave problema asociado con el manejo de residuos, mediante la producción de biogás. Además, se resuelve el problema de olores²²².

Plantel de 1.000 cerdos (madres). Producen cada día alrededor de 45.000 kilos de bosta.

Recuperación de la inversión en 2 años de operación por ahorro de energía.

Ahorro de US\$5.200 mensuales en gas²²³.

²²² Cuando el tratamiento de efluentes se convierte en un negocio. Ver [enlace](#).

²²³ Más detalles en el siguiente [enlace](#).

Granja porcina de Isamisac

País: Perú.

Empresa desarrolladora:
Cidelsa.

Año de inicio de operación:
2007.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor de Laguna Cubierta.

Generación de biogás: 24 m³/día.

Uso: Autoconsumo. Produce biogás para la calefacción de criadoras infrarrojas de maternidad de Granja de porcinos.

Inversión: US\$6.500.

Descripción general: Digestor de 90 m³

Diseñado para producir 24 m³ de biogás al día²²⁴.



²²⁴ Información del proyecto en el siguiente [enlace](#).

Granja El Chancho

País: México

Empresa desarrolladora: Ag cert.

Año de inicio de operación: 2006.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Biodigestor de tipo bolsa, de 60 m de largo por 40 m de ancho y 7 m de altura, recubierto con plástico negro de alta resistencia.



Generación de biogás: 650 m³/día.

Uso: Abastece necesidades de energía eléctrica de la granja, como la operación de comederos automáticos, la extracción de agua de pozos profundos, bombas para el lavado, calentamiento de maternidades en el invierno y ventiladores en el verano.

Inversión: US\$39.000

Descripción general:

523 reproductores porcinos. 4,600 crías de cerdo en diferentes etapas de desarrollo.

La fermentación anaeróbica produce biogás compuesto por 70% de metano y 30 % de otros gases que alimenta a un motogenerador Perkins de 150 hp (mopesa) modificado para trabajar con biogás.

Anteriormente, este biogás se destruía por incineración en quemadores. El Biodigestor tiene un equipo de medición del biogás y un quemador auxiliar donde se elimina cuando no es aprovechado para la generación de energía eléctrica²²⁵.

²²⁵ Más información en el siguiente [enlace](#).

Granja Marujo

País: Brasil.

Empresa desarrolladora: Cooperativa Castrolanda.

Año de inicio de operación: 2006.

Tipo de sustrato: Purines de cerdo.

Biodigestor: Digestor principal que tiene una capacidad de 1500 m³ (10 por 50 por 3 metros de profundidad) y el digestor secundario redondo de unos 8 – 10 metros de diámetro por 3 metros de profundidad.



Generación de biogás: 500 m³/día.

Uso: Se utiliza como fuente de energía para calefaccionar los galpones de cerdos, la cama para la producción de champiñón, la secadora de granos y la energía que utilizan las 16 viviendas que albergan a las familias que trabajan en Chacra "Marujo"²²⁶.

Inversión: US\$200.000.

Descripción general: La producción de efluentes de la Granja Marujo es de aproximadamente 25000 a 30000 litros por día. Esto lo producen unos 3000 animales: 850 madres y 2000 – 2200 animales en cría, re cría y engorde. Todos los efluentes provenientes de los galpones de cerdos se vierten en un depósito tanque de 50.000 – 60.000 litros que posee un agitador y una bomba extractora. Los efluentes llegan a este depósito por gravedad cada 2 días.

Para la construcción del digestor principal se realizó una fosa de 10 por 50 por 3 metros de profundidad. Todo el borde de la fosa tiene un cordón en forma de "U", de hormigón armado, de unos 50 centímetros de ancho por 50 – 60 centímetros de profundidad y sobre el piso de la fosa colocaron una capa de arena para sobre ésta colocar el plástico que va a impermeabilizar la fosa del suelo y de esta forma evitar la contaminación de éste con los efluentes.

Economía mensual estimada en el consumo de energía eléctrica de 1.700 U\$S/mes de ahorro²²⁷.

²²⁶ Información del proyecto en el siguiente [enlace](#).

²²⁷ Información del proyecto. Ver [enlace](#).

Fahringer Farm

País: Austria.

Empresa desarrolladora: Construcción propia²²⁸.

Año de inicio de operación:
s/i.

Tipo de sustrato: Desechos de vacas, cerdos, suero.

Biodigestor: Digestor 150m³.

Generación de biogás: 180 m³/día.

Uso: Heat for the housing and the cheese plant.

Inversión: US\$42.000
(\$35.000 euros).



Descripción general:

Small-scale biogas plant (self-built, low-cost).

Feedstocks: cattle slurry, whey, pig slurry

Energy use: heat for the housing and the cheese plant.

Annual Maintenance cost (estimate 5% CapEx €1750)

Valor del gas: €6.570/año

Payback 7 years

²²⁸ Información técnica del proyecto en el siguiente [enlace](#).

7.6 Anexo 6. Glosario y abreviaturas

Biogás	Gas combustible, mezcla de metano con otras moléculas, formado en reacciones de descomposición de la materia orgánica (biomasa).
Co-digestión	Variante tecnológica de la digestión anaerobia que se basa en la incorporación de más de un sustrato para producir biogás.
CSTR	Continuous stirred tank reactor (reactor de mezcla continua)
Digestato	Residuo líquido o sólido estabilizado que se obtiene de un digestor anaerobio tras la obtención de biogás.
Digestor anaeróbico	Depósito hermético en el que se mantiene un tiempo determinado materia orgánica. En él actúan bacterias
HDPE	High density polyethylene (polietileno de alta densidad: PEAD)
Metanogénesis	Proceso microbiológico en el cual el acetato e hidrógeno son convertidos a metano y dióxido de carbono.
UASB	Upflow anaerobic sludge blanket (reactor anaerobio de flujo ascendente)
USPTO	United States Patent and Trademark Office
EPO	European Patent Office
WIPO	World Intellectual Property Organization.
CIP	Clasificación Internacional de Patentes

7.7 Anexo 7. Entrevistas

Participantes

Se entrevistaron un total de 5 profesionales, tanto de la empresa proveedora de biodigestores como de instituciones usuarias de la tecnología, entre ellas empresas, instituciones de investigación y académicas.

Generación de Biogás

En términos de la generación de biogás, uno de los entrevistados indica que el proyecto en general fue sobredimensionado en relación a la disponibilidad del sustrato, y existe ausencia de apoyo técnico para la mejor comprensión del funcionamiento y uso de las tecnologías involucradas.

Nro. de Participante	Biodigestor utilizado	Residuos que utiliza	Costo del biodigestor	Costo de operación y mantención	Vida útil del biodigestor
1	3 laguna cubierta 1 agitación completa 1 ASBR	Purines de cerdo	Depende del tamaño. 20.000 m ³ = 300 millones	Depende del tamaño, pero es muy bajo casi despreciable	15 – 20 años
2	N/A	Residuos de vaca	Laguna cubierta: 9 – 30 millones Agitación completa: 140 millones o más	Costo marginal	Membranas EPDM tienen una vida útil de 20 a 25 años. Las membranas HDPE tienen una vida útil menor, y PCV, aún menor todavía.
3	Estanque de más de 5 metros de altura, el cual aún no se encuentra operativo.	Residuos de 200 vacas lecheras que pasan a sala 2 horas al día	S/I	S/I	S/I

	1 planta de digestión anaeróbica estática (BAE), con reactor tipo laguna cubierta y flujo continuo. Fue construido a partir de un modelo tipo bolsa y fabricado con membrana de PCV	Purines de lechería colectados desde el patio de espera, previo a la ordeña de vacas lecheras	\$12.500.000	S/I	10 años, según proveedor.
4	1 planta de digestión anaeróbica móvil (BAM) completamente automatizada, que posee dos reactores, los que están diseñados a partir de una base metálica, funcionando como biodigestores de tipo mezcla completa y flujo continuo, con sistema de agitación y calefacción automática según previa programación de un panel de control y de una sonda específica respectivamente. Además, posee un módulo HYFAD, compuesto por dos estanques metálicos contiguos a los reactores principales, el que es utilizado principalmente para realizar codigestión anaeróbica a partir de sustratos líquidos, y su activación/desactivación	Purines de vacas lecheras, los cuales corresponden a la mezcla entre fecas y orina que se genera en el patio de espera al momento de la ordeña, los cuales se cargan directamente al biodigestor, sin dilución.	\$71.000.000	S/I	S/I
5	N/A	N/A	N/A	Lo ideal es dejar todo lo más automatizado posible para reducir costos de operación, por ejemplo, que por gravedad circulen los purines hasta el biodigestor. También se deben considerar acciones como quitar el exceso de agua antes de su ingreso al biodigestor, el vaciado del biodigestor cada cierto tiempo, etc.	N/A

Uso de Biogás

A nivel de plantas de biogás de escala mediana, los beneficios de la generación y uso se observan principalmente a nivel de reducción del impacto ambiental, lo cual coincide con instalaciones de menor escala. Complementariamente, uno de los entrevistados indica que los pequeños y medianos agricultores obtienen beneficios asociados al ahorro que se genera al reemplazar la leña o gas licuado por biogás.

Nro.	Principal uso dado al biogás	Se observan ahorros, ingresos, o beneficios complementarios asociados al uso del biogás	Recibió apoyo de alguna institución
1	Generación eléctrica Generación de calor y vapor	Medioambientales. Se reduce el 60% de GEI de un plantel de cerdos	ACHEE
2	Energía térmica en calderas para lavado en salas de ordeña. Calefactores, cocinas.	Protección del medioambiente, calidad de vida, fertilizante sin olor. En sí, para los pequeños y medianos agricultores no son proyectos rentables, sino más bien son proyectos que permiten recuperar ingreso y pueden generar algunos ahorros, como, por ejemplo, 25 metros de leña al año o en algunos casos 2 galones de gas de 15 por semana. Es más rentable para reemplazar gas licuado o leña, que para generar energía	N/A
3	Es un proyecto educativo. No se tiene conocimiento del uso final del biogás.	S/I	Empresa Kaiser es la encargada de desarrollar el proyecto, pero no ha hecho transferencia de conocimiento ni oficializado la entrega final.
4	Biogás utilizado para calentar agua (energía térmica)	Ambos biodigestores son de escala piloto, utilizados como unidad de investigación y transferencia tecnológica y no con fines comerciales.	Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables (CIFES) Fondo para Acceso a la Energía (FAE)
5	A esta escala, el uso corresponde al autoconsumo del gas en actividades como cocinar, la ducha, etc., y el digestato como abono. Por otra parte, a esta escala no se tiene suficiente presión para usar el gas con lámparas.	Los principales beneficios van del lado de la protección medioambiental y la calidad de vida: Producción sostenible, Menor contaminación, Huella ecológica de los productos, entre otros.	N/A

Caracterización General

Considerando las operaciones agropecuarias de pequeña y mediana escala, los entrevistados coinciden en que para este tipo de operaciones lo más recomendado sería utilizar biodigestores de bolsa o laguna, y que deberían ser iniciativas que cuenten con un apoyo importante y permanente del estado, de tal manera de hacerlo más atractivo para los productores. En particular, uno de los entrevistados señala que, por ejemplo, se podría considerar una rebaja de impuestos mientras se recupera la inversión.

Nro.	Biodigestor para operaciones de pequeña y mediana escala	Cantidad de sustrato requerida para hacer funcionar un biodigestor				Principal dificultad que enfrentan los pequeños y medianos agricultores
		Bolsa	Laguna cubierta	Tanque agitación completa	Flujo pistón	
1	Bolsa o Laguna	1-100 Madres	100-5000 Madres	100-2000 Madres	100-1000 Madres	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de predios y disponibilidad de ganado • Falta de conocimiento • Costos
2	Laguna cubierta, aunque dependerá de la raza del animal, del peso, la cantidad de animales y las horas de patio	S/I	500 litros días. Menos de esto se recomienda un estanque fibra de vidrio	500-1000 vacas para que sea conveniente	S/I	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de estabulación • Falta de presupuesto • Ausencia de líneas de financiamiento estables.
3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	Laguna cubierta	La cantidad de sustrato requerida estará definida por el tamaño del biodigestor y la carga orgánica del sustrato.				<ul style="list-style-type: none"> • Aspecto económico • Formación de capacidades en toda la cadena de generación de biogás
5	<p>En Chile es un tema de mucho interés, pero con poca oferta de biodigestores.</p> <p>Podría ser un biodigestor de fibra de vidrio con separación de purines. Sin embargo, la clave a este nivel está en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el manejo del predio, por 			S/I		<ul style="list-style-type: none"> • Falta de financiamiento • Condiciones climáticas, principalmente la temperatura. • Expectativas muy altas, con foco en escala de Alemania, lo cual está muy lejos de asemejarse a la realidad nacional. • Costos difíciles de absorber • Ley poco rigurosa en términos de

	<p>ejemplo, patios de espera mejorados donde los purines no se mezclen con el agua de lluvia, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Invertir en la estabilidad térmica biodigestor 		<p>contaminación que producen los purines.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento y capacitación.
--	---	--	--

De acuerdo a lo señalado por los entrevistados, una de las mayores dificultades a las que se enfrentan los pequeños y medianos agricultores, es el aspecto económico. La implementación de biodigestores en requiere un costo importante de inversión y posterior mantención y operación, la cual puede ser crítica al momento de decidir entre la instalación de plantas de biogás, versus otros posibles proyectos de inversión. Se suman a esta dificultad de entrada, otros problemas asociados al funcionamiento de los biodigestores implementados, entre los que se encuentran:

- Falta de recursos humanos capacitados en toda la cadena de generación de biogás.
- Problemas de diseño, construcción y operación de biodigestores. Muchas veces los proyectos se encuentran sobredimensionados.
- Faltan planes de manejo agronómico para hacer un buen uso de los efluentes generados (digestato).
- Falta de proveedores de tecnología que tengan experiencia y/o conocimiento para suplir las necesidades de cada predio en particular.
- Baja oferta de proveedores locales y de equipos para la implementación de biodigestores.

Otras dificultades identificadas a partir de las entrevistas, corresponden a lo siguiente:

- El bajo nivel de estabulación incide sobre el potencial de producción de biogás, dado que gran parte de los residuos que ingresan al biodigestor corresponden a aquellos recolectados en las salas de ordeña, donde los animales pasan en promedio 3 a 6 horas diarias, o bien corresponden a purines diluidos y conducidos al biodigestor mediante el lavado de pisos y/o aguas de lluvia.
- La temperatura:
 - Para calentar un biodigestor existe un delta de 20°C en invierno y 10°C en verano.
 - En digestores a temperatura ambiente el biogás producido cae un 45% en invierno.

- La temperatura hace variar los tiempos de retención.
- Considerando que la tecnología que actualmente se utiliza en estos biodigestores, carece en su mayoría, de sistemas de aislación y/o regulación de la temperatura al interior del reactor, se requiere del uso de parte de la energía producida por biogás para poder aumentar la tasa de generación de este mismo.
- La alta pluviometría en la zona sur de Chile provoca problemas en los gasómetros de biodigestores sin estructura fija, por la acumulación de agua sobre la superficie del biodigestor (geomembrana), aspectos importantes a considerar en su diseño y operación.
- Otros, tales como los niveles H₂S.

Preguntas

DATOS PERSONALES

Nombre: _____

Cargo: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

Empresa / Institución: _____

Región: _____

PREGUNTAS

Generación de biogás

1.- ¿Cuál es el tamaño del predio / Cuánto es la cantidad de ganado que posee?

2.- ¿Qué productos agrícolas o pecuarios producen?

3.- ¿Cuál es el principal deshecho generado?

4.- ¿Qué tipo de tecnología de generación de biogás utiliza? ¿Hace cuánto tiempo la utiliza?

- Biodigestor tipo bolsa: _____

- Biodigestor de laguna cubierta: _____

- Biodigestor de estanque de agitación completa (Complete mix reactor): _____

- Biodigestor de flujo pistón (Plug flow): _____

- Otros: _____

5.- ¿Qué residuo necesita para hacer funcionar el generador de biogás?

6.- ¿Cuánto residuo necesita para hacer funcionar el generador de biogás?

7.- ¿De qué forma influyen las condiciones climáticas en Chile para la generación de biogás?

8.- ¿De qué forma influye el bajo nivel de estabulación en las pequeñas y medianas operaciones agropecuarias en Chile, para la generación de biogás?

9.- ¿Qué otras dificultades se enfrentan al implementar alguna de estas tecnologías de generación de biogás?

10.- ¿Cuál es el costo de inversión en el biodigestor?

11.- ¿Cuál es el costo aproximado de operación y mantención (mano de obra, repuestos, etc.) asociado a tecnologías de generación de biogás?

12.- ¿Cuál es la vida útil promedio para los biodigestores?

Uso del biogás

1.- ¿Cuál es el principal uso que le da al biogás generado? (Por ejemplo: generación eléctrica, generación de calor, cocinar, etc.)

2.- Para usar el biogás generados, ¿necesitó invertir en algún equipo específico o adaptó uno para su funcionamiento con biogás? ¿Cuál? ¿Cuánto debió invertir en este tipo de equipamiento?

3.- ¿Se observan ahorros, ingresos extras o beneficios complementarios (calidad de vida, medio ambiente, etc.) asociados al uso del biogás? ¿Cuáles?

4.- ¿Recibió apoyo y/o asesoría económica o legal para la implementación de este tipo de tecnologías y/o equipos? ¿Qué institución lo apoyó?

Otras preguntas de carácter general

Considerando las operaciones agropecuarias de pequeña y mediana escala:

1.- ¿Cuál es el tipo biodigestor más utilizado en Chile para la producción de biogás de pequeña escala?

2.- ¿Cuál es el tipo de biodigestor recomendado para la pequeña y mediana agricultura?

3.- Considerando el residuo de origen vegetal generado por actividades agrícolas de pequeña y mediana escala, ¿Cuál es la cantidad mínima de sustrato requerida para hacer funcionar un biodigestor? _____

- Biodigestor tipo bolsa: _____
- Biodigestor de laguna cubierta: _____
- Biodigestor de estanque de agitación completa (Complete mix reactor): _____
- Biodigestor de flujo pistón (Plug flow): _____

4.- ¿Cuál es el tipo de biodigestor recomendado para la pequeña y mediana ganadería?

- De 1 a 10 vacas: _____
- De 10 a 30 vacas: _____
- De 30 a 100 vacas: _____
- De 100 a 300 vacas: _____

5.- Considerando el residuo de origen animal generado por la pequeña y mediana ganadería, ¿Cuál es la cantidad mínima de sustrato requerida para hacer funcionar un biodigestor?

- Biodigestor tipo bolsa: _____
- Biodigestor de laguna cubierta: _____
- Biodigestor de estanque de agitación completa (Complete mix reactor): _____
- Biodigestor de flujo pistón (Plug flow): _____

6.- ¿Cuál es la dificultad principal que enfrentan los pequeños y medianos productores del sector agropecuario nacional a la hora de implementar estas tecnologías?

Otros comentarios:

1.- Por favor, si considera que existen aspectos relevantes asociados a la generación y uso de biogás que no han sido abordados en las preguntas anteriores, indíquelos a continuación:
