



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

RELEVAMIENTO NACIONAL DE BIODIGESTORES

Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica
con aprovechamiento energético térmico y eléctrico

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 6



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



Secretaría de Energía
Ministerio de Hacienda
Presidencia de la Nación

Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

RELEVAMIENTO NACIONAL DE BIODIGESTORES

Relevamiento de plantas de biodigestión
anaeróbica con aprovechamiento
energético térmico y eléctrico



FAO. 2019. *Relevamiento Nacional de Biodigestores. Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético térmico y eléctrico*. Colección Documentos Técnicos N° 6. Buenos Aires. 84 pp.
Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-131594-1
© FAO, 2019



Algunos derechos reservados. Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>.

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés será el texto autorizado".

Toda mediación relativa a las controversias que se deriven con respecto a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) en vigor.

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de portada: © FAO

Este documento fue realizado en el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG), iniciativa de los siguientes ministerios:

Ministerio de Producción y Trabajo

Dante Sica
Ministro de Producción y Trabajo

Luis Miguel Etchevehere
Secretario de Gobierno de Agroindustria

Andrés Murchison
Secretario de Alimentos y Bioeconomía

Miguel Almada
Director de Bioenergía

Ministerio de Hacienda

Nicolás Dujovne
Ministro de Hacienda

Gustavo Lopetegui
Secretario de Gobierno de Energía

Sebastián A. Kind
Subsecretario de Energías Renovables

Maximiliano Morrone
Director Nacional de Promoción de Energías Renovables

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Javier Ibañez
Presidente

Leonardo P. Spina
Gerente de Desarrollo Tecnológico e Innovación

Liliana B. Molina Tirado
Subgerente operativo de Energía y Movilidad

Victor I. Goicoa
María Alejandra Barlatey
Agustín Piccoletti
Autores

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Hivy Ortiz Chour
Oficial Forestal Principal
Oficina Regional América Latina

Francisco Yofre
Oficial de Programas
Oficina Argentina

Verónica González
Coordinación Colección

Sofía Damasseno
Colaboración Colección

Alejandra Groba
Rosana Errasti
Edición y corrección

Mariana Piuma
Diseño e ilustraciones



Prólogo	ix
Agradecimientos	xi
Siglas y acrónimos	xiii
Unidades de medida	xiv
Fórmulas químicas	xiv
Resumen ejecutivo	xv

Introducción	1
--------------	---

1.

Marco de referencia	3
1.1 Objetivos y metas	4
1.1.1 Objetivo principal	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
1.1.3 Metas	4
1.2 Equipo de trabajo	4

2.

Metodología	7
2.1 Estructura	7
2.2 Información inicial	9
2.3 Grupos de trabajo	10
2.4 Mecanismo del relevamiento	11
2.4.1 Proceso del primer contacto	11
2.4.2 Información a relevar	13
2.4.3 Mediciones	14
2.4.4 Informe de visita (para la planta)	15
2.5 Distribución del relevamiento	15

3.

Resultados	17
3.1 Análisis de la información relevada	22
3.2 Características generales de las plantas de biodigestión	22
3.2.1 Propietarios, funcionalidades y tamaños	22
3.2.2 Ubicación de las plantas	25
3.3 Características constructivas	25
3.3.1 Tecnologías detectadas	25
3.3.2 Materiales para construcción de biodigestores	26
3.3.3 Equipos importados	27
3.4 Características operativas	29
3.4.1 Temperatura del proceso	29
3.4.2 Tipo de flujo	30
3.4.3 Sistemas de agitación	30

3.4.4 Automatización y control del proceso	30
3.4.5 Tipos de sustratos	30
3.4.6 Preparación de la alimentación	32
3.5 Características energéticas	32
3.5.1 Calidad del biogás	33
3.6 Características de los subproductos	35
3.7 Proveedores	35

4.

Conclusiones	40
--------------	----

Bibliografía	42
--------------	----

Anexos

Anexo 1	Planilla de toma de datos (Encuesta)	43
Anexo 2	Guía de preguntas	52
Anexo 3	Control del proceso anaeróbico	56
Anexo 4	Informe de visita (Universidad Nacional de Cuyo)	57

Cuadros

Cuadro 1	Distribución de plantas testigo	8
Cuadro 2	Clasificación de plantas	11
Cuadro 3	Distribución de los grupos de trabajo para la ejecución a campo del proyecto	12
Cuadro 4	Estado final del relevamiento	18
Cuadro 5	Plantas relevadas	19
Cuadro 6	Objetivo del total de las plantas relevadas	24
Cuadro 7	Localización de las plantas de biogás relevadas	25
Cuadro 8	Tipos de tecnologías	25
Cuadro 9	Participación de equipos/equipamientos importados en las plantas de biogás en Argentina	27
Cuadro 10	Elementos importados instalados en plantas de biogás en Argentina	29
Cuadro 11	Tipo de agitación en los sistemas de mezcla completa	30
Cuadro 12	Automatización de las plantas de biogás relevadas	30
Cuadro 13	Sustratos utilizados para alimentar los biodigestores	31
Cuadro 14	Cantidad de plantas de biogás que cubren la demanda energética del sistema productivo	35
Cuadro 15	Distribución de la venta de energía	35
Cuadro 16	Calidad en la purificación del biogás	36
Cuadro 17	Proveedores de tecnología de biogás en Argentina	38
Cuadro 18	Proveedores internacionales	38
Cuadro 19	Calificación de los proveedores	38

Gráficos

Gráfico 1	Aspectos significativos – Etapa I	8
Gráfico 2	Aspectos significativos – Etapa II	8
Gráfico 3	Aspectos significativos – Etapa III	9
Gráfico 4	Distribución de las plantas por provincia, según información al inicio del proyecto	9
Gráfico 5	Localización por provincia de las plantas conocidas al iniciar el proyecto	10
Gráfico 6	Composición y escala de las plantas conocidas al iniciar el proyecto	11
Gráfico 7	Grupos de trabajo	11
Gráfico 8	Procedimiento para el primer contacto con las empresas, organizaciones, instituciones o particulares	13
Gráfico 9	Plantas a relevar	15
Gráfico 10	Plantas detectadas	18
Gráfico 11	Ubicación de las plantas relevadas en el país	21
Gráfico 12	Clasificación de las plantas relevadas por tipo de organización	22
Gráfico 13	Distribución según el tamaño de los biodigestores	23
Gráfico 14	Distribución por tamaño en el sector privado	23
Gráfico 15	Distribución de acuerdo a la funcionalidad de los biodigestores del sector público	24
Gráfico 16	Distribución por tamaño en el sector público	24
Gráfico 17	Ubicación general de las plantas	25
Gráfico 18	Tecnologías en los sectores público y privado	27
Gráfico 19	Materiales usados en los reactores relevados en el proyecto	28
Gráfico 20	Comparación de participación de equipos/equipamientos importados en los sectores privado y público	28
Gráfico 21	Control de la temperatura de las plantas relevadas en el país	29
Gráfico 22	Clasificación y nivel de utilización de los diferentes sustratos en las plantas de biodigestión anaeróbica relevadas	31
Gráfico 23	Origen de la biomasa empleada en los biodigestores	32
Gráfico 24	Preparación de la alimentación	33
Gráfico 25	Utilización del biogás	34
Gráfico 26	Comparación de la distribución del uso del biogás entre los sectores privado y público	34
Gráfico 27	Conocimiento de la composición del biogás	36
Gráfico 28	Nivel del tratamiento de los efluentes de biodigestión	36
Gráfico 29	Valorización de los subproductos	37
Gráfico 30	Tipos de proveedores	39
Gráfico 31	Calificación de los proveedores según procedencia	39



© FAO

Prólogo

La matriz energética argentina está conformada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables, ya que la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al contexto de crisis energética local e internacional. En este escenario, en 2015, la República Argentina promulgó la Ley 27191 –que modificó la Ley 26190–, con el objetivo de fomentar la participación de las fuentes renovables hasta que alcancen un 20% del consumo de energía eléctrica nacional en 2025, otorgando a la biomasa una gran relevancia.

La biomasa es una de las fuentes de energía renovable más confiables, es constante y se puede almacenar, lo que facilita la generación de energía térmica y eléctrica. En virtud de sus extraordinarias condiciones agroecológicas, y las ventajas comparativas y competitivas de su sector agroindustrial, la Argentina es un gran productor de biomasa con potencial energético.

La energía derivada de biomasa respeta y protege el ambiente, genera nuevos puestos de trabajo, integra comunidades energéticamente vulnerables, reduce la emisión de gases de efecto invernadero, convierte residuos en recursos, ahorra dinero en combustibles fósiles, moviliza inversiones y promueve el agregado de valor y nuevos negocios.

No obstante, aún existen algunas barreras de orden institucional, legal, económico, técnico y sociocultural que deben superarse para incrementar, acorde con su potencial, la proporción de bioenergía en la matriz energética nacional.

En este marco, en 2012, se creó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/O20/ARG (PROBIOMASA), una iniciativa que llevan adelante la Secretaría de Gobierno de Agroindustria del Ministerio de Producción y Trabajo, y la Secretaría de Gobierno de Energía del Ministerio de Hacienda, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El Proyecto tiene como objetivo principal incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional, para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, abrir nuevas oportunidades agroforestales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático.

Para lograr ese propósito, el Proyecto se estructura en tres componentes principales con objetivos específicos:

- Estrategias bioenergéticas: asesorar y asistir, legal, técnica y financieramente, a proyectos bioenergéticos y tomadores de decisión para aumentar la participación de la energía derivada de biomasa en la matriz energética.
- Fortalecimiento institucional: articular con instituciones de nivel nacional, provincial y local a fin de evaluar los recursos biomásicos disponibles para la generación de energía aplicando la metodología WISDOM (Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping, Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles).
- Sensibilización y extensión: informar y capacitar a los actores políticos, empresarios, investigadores y público en general acerca de las oportunidades y ventajas que ofrece la energía derivada de biomasa.

Esta Colección de Documentos Técnicos pone a disposición los estudios, investigaciones, manuales y recomendaciones elaborados por consultoras y consultores del Proyecto e instituciones parte, con el propósito de divulgar los conocimientos y resultados alcanzados y, de esta forma, contribuir al desarrollo de negocios y al diseño, formulación y ejecución de políticas públicas que promuevan el crecimiento del sector bioenergético en la Argentina.

Agradecimientos

El logro de los objetivos propuestos y la elaboración de esta publicación han sido posibles gracias a la participación y cooperación de todos los agentes de la Red de Biodigestión Anaeróbica del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), a la participación activa del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de todas aquellas personas que vieron a esta actividad como una herramienta importante para el desarrollo de la bioenergía proveniente de la biomasa.

Particularmente, se agradece a todas las plantas que abrieron sus puertas y brindaron la información de la que se nutrió este trabajo.

Asimismo, cabe un reconocimiento a Francisco Della Vecchia por su cuidadosa revisión de este documento.





© FAO

Siglas y acrónimos

CADER: Cámara Argentina de Energías Renovables
DBO: Demanda biológica de oxígeno
DQO: Demanda química de oxígeno
EE: Energía eléctrica
ET: Energía térmica
FCA: Facultad de Ciencias Agrarias
FORSU: Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos
FOS: Ácidos orgánicos volátiles
INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial
MINAGRO: ex Ministerio de Agroindustria
MINEM: ex Ministerio de Energía y Minería
ONG: Organización no gubernamental
PRFV: Plástico reforzado con fibra de vidrio
RAC: Reactores anaeróbicos de contacto
ST: Sólidos totales
SV: Sólidos volátiles
TAC: Carbonato inorgánico total
TRH: Tiempo de retención hidráulica
UASB: Reactores de flujo ascendente y manto de lodo
UTN: Universidad Tecnológica Nacional

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Unidades de medida

°C: grado Celsius
t: tonelada
m²: metro cuadrado
m³: metro cúbico
kg/t SV: kilogramo por tonelada de sólidos volátiles
kg/t ST: kilogramo por tonelada de sólidos totales
kg SV/m³ d: kilogramos de sólidos volátiles por metro cúbico de digestor por día
kW: kilovatio
kWh: kilovatio hora
kWh/Nm³: kilovatio hora por Normal metro cúbico
HP: caballos de fuerza
MWelec: Megavatio eléctrico
kWh/th: kilovatio hora por tonelada hora
pH: grado de acidez o alcalinidad
ppm: partes por millón

Fórmulas químicas

CH₄: metano
CO₂: dióxido de carbono
H₂: hidrógeno
O₂: oxígeno
P: fósforo
K: potasio
N₂: nitrógeno

Resumen ejecutivo

El presente *Relevamiento Nacional de Biodigestores* permitió elaborar el primer diagnóstico integral sobre el estado del arte de la tecnología de biodigestión anaeróbica en el territorio, transformándose en una herramienta importante para la planificación estratégica y el desarrollo sostenido de esta tecnología en todos los eslabones productivos.

El acceso a la información se llevó a cabo a través de 61 visitas a diferentes plantas de biodigestión anaeróbica seleccionadas de acuerdo a su tamaño, ubicación geográfica, tecnología, disponibilidad, entre otros. La actividad de campo se llevó adelante, principalmente, por agentes del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), que participan de la Red de biogás del instituto.

El diagnóstico no solo estuvo centralizado en los aspectos técnicos específicos de la biodigestión anaeróbica, sino también en las cuestiones de contexto que se transforman en factores de éxitos, así como también en los aspectos vinculados al acceso de la biomasa, la disposición de los efluentes, las reglamentaciones ambientales, el acceso a los servicios y otros.

De las plantas relevadas, solo en un 4% se atribuye su instalación a fines puramente energéticos; en el 96% restante, surgen los aspectos ambientales como principal causa de adopción de esta tecnología. Esta situación se traduce en una baja tasa de utilización del biogás como energía renovable y el subaprovechamiento de las instalaciones, entre otras cuestiones.

Con respecto al tamaño, prácticamente la mitad de las instalaciones de biogás relevadas son pequeñas, y solo el 14% son grandes plantas de biodigestión. Las tecnologías más encontradas corresponden a las de mezcla completa y de laguna cubierta.

Se pudo constatar *in situ* la existencia de falencias técnicas en la construcción, los materiales utilizados, la seguridad y la operación de las instalaciones; en la formación de personal calificado para el manejo de la planta; en el aprovechamiento energético; en la utilización de equipamientos y controles; en la caracterización del biogás y del fertilizante orgánico generado; en los usos y aplicaciones de los mismos, y otras.

Tales falencias corresponden, en algunos casos, a normas o estándares como los respectivos a las condiciones de seguridad, reglamentaciones ambientales, materiales, por ejemplo, y en otros casos, a criterios de ingeniería generales, como indicadores utilizados para la evaluación del proceso, uso de aislantes térmicos, distribución de agitadores, eficiencias de equipos utilizados, entre otros.

Los sustratos más utilizados son los desechos industriales, en un 37,5%; los desechos orgánicos urbanos, en un 28,1%; y la biomasa virgen, que solamente se la utiliza en un 1,6%.

Se observaron importantes falencias en cuanto a medidas de seguridad adecuadas al tipo de proceso y, también, en cuanto a normas que regulen estos aspectos. Además, por lo general, se desconoce la composición del biogás y existen desviaciones en el diseño de las plantas respecto de las condiciones ambientales (principalmente de las térmicas).

La utilización de los subproductos (como fertilizantes orgánicos) no se encuentra aún desarrollada en el país: solo un 36,5% de las instalaciones usa el subproducto líquido con alguna finalidad.

En este marco, la generación de energía proveniente del biogás enfrenta desafíos importantes (técnicos, económicos, financieros, legales, socioculturales, entre otros), que demandan una estrategia integral y sinérgica para resolver estas barreras y transformar las debilidades del sector en fortalezas que consoliden la tecnología y permitan generar las condiciones necesarias para incrementar la participación de la biomasa dentro de la matriz energética.



© FAO

INTRODUCCIÓN



© INTI

En el proceso de biodigestión anaeróbica, la biomasa es degradada en ausencia de oxígeno para generar una *corriente gaseosa*, compuesta principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrógeno (SH_2), llamada comúnmente biogás, cuyo poder calorífico se encuentra entre 6 y 6,5 kWh/Nm³, lo que le confiere el carácter de combustible. Y otra *corriente líquida o semi-sólida*, integrada por la biomasa no degradada y los compuestos de fósforo (P), nitrógeno (N_2) y potasio (K), principalmente, que corresponden a los nutrientes más importantes para los suelos y los cultivos, razón por la cual esta corriente suele denominarse biofertilizante.

Desde este punto de vista, la producción de biogás tiene características que la transforman en una opción tecnológica con fines multipropósito (energéticos y ambientales), cuya ponderación crece al considerar la estructura productiva de la Argentina, donde el sector de producción de cultivos y la industria manufacturera alimenticia son un pilar importante dentro de la economía de la región.

Además, la matriz energética argentina se compone, en su gran mayoría, por combustibles fósiles, principalmente, gas y petróleo¹. Esto, sumado al contexto de crisis energética local e internacional, hizo que en 2015 la Argentina promulgara la Ley N.º 27191, con el objetivo de fomentar la participación de las fuentes renovables de energía eléctrica hasta alcanzar un 20% del consumo, en 2025.

Conocer el estado de situación de la tecnología de biodigestión anaeróbica y de las plantas existentes en la Argentina es fundamental para consolidar el sector y proponer estrategias de crecimiento. Además, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en el marco de su Plan Estratégico, tiene como objeto el fortalecimiento y

desarrollo de las energías renovables a lo largo de todo el territorio nacional.

En este sentido, el objetivo del trabajo fue la construcción de un diagnóstico de carácter nacional sobre el estado del arte de la biodigestión anaeróbica en el país. La información para realizar este diagnóstico fue producto de las visitas llevadas a cabo a las plantas de biogás que, con el fin de contar con la solidez estadística en la elaboración de las conclusiones, se adoptó como meta relevar 60 unidades.

El material de soporte utilizado en el trabajo de campo fue elaborado a partir de visitas a plantas testigo, para la mejora y adaptación de las condiciones observadas, cuyo resultado fue la planilla de toma de datos para el proyecto. El informe final del relevamiento se elaboró en función de lo establecido en la Carta de Acuerdo firmada entre el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/020/ARG (PROBIOMASA) y el INTI, por lo que esta publicación se estructura en tres secciones:

Marco de referencia: Aborda las condiciones de contorno del proyecto, los objetivos y metas adquiridas, el grupo de trabajo INTI, los recursos necesarios, la planificación de las actividades.

Metodología: Se describen las etapas y estructura del proyecto, mecanismo del relevamiento, información a relevar, mediciones en campo, recomendaciones para la visita, resguardo de la información, soportes para el análisis.

Resultados: En función de la información recolectada en las visitas programadas, se analizan los aspectos más sobresalientes del proyecto (características generales, energéticas, operativas, constructivas, de subproductos, etc.). También se detallan las consideraciones sobre los proveedores de equipos y plantas de biodigestión anaeróbica.

Se dejan para el final algunas conclusiones acerca de la situación general de la tecnología de la biodigestión anaeróbica en la República Argentina.

¹ MINEM, *Balances energéticos nacionales*: <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>

1. MARCO DE REFERENCIA

-
- 1.1 Objetivos y metas
 - 1.2 Equipo de trabajo



© INTI

En 2010, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) consolida un grupo multidisciplinario de profesionales de diferentes centros de investigación y desarrollo (I+D) para abordar la temática del biogás. Desde entonces, se llevan a cabo capacitaciones y actividades que tienen como objetivo generar conocimientos de las tecnologías y el sector.

Antes de que este relevamiento se pusiera en marcha, la Red de biogás del INTI logró desarrollar capacidades técnicas que pusieron a disposición de organismos privados y públicos servicios como: asistencias técnicas, estudio de pre-factibilidad, ensayos y análisis de biomasa, de procesos productivos, etc. Con la finalización de este diagnóstico, sobre el estado del arte de la tecnología de biodigestión anaeróbica en el país, la capacidad de este equipo de trabajo se enriquece por una mirada estratégica para redefinir los servicios que brindará el brazo tecnológico del Estado en función de las necesidades identificadas del sector.

Si bien existe evidencia de la utilización de la biodigestión anaeróbica en el territorio nacional desde hace más de 20 años, la tecnología de biogás no ha logrado alcanzar un nivel de madurez acorde a su potencialidad. Uno de los principales motivos, además de no contar con un esquema de retribución para el biogás o la energía que ayude a repagar la inversión, es la falta de articulación entre una oferta sin validar y una demanda escéptica o

desinformada que no considera al biogás como una alternativa energética. Promover la articulación de la demanda resulta de gran interés, considerando los recursos biomásicos existentes en el territorio (vírgenes o subproductos), el incremento de la necesidad energética tanto a nivel industrial como residencial y el desarrollo y aplicación de las energías renovables para subsanar estos vacíos.

Se estima que en la República Argentina existen más de 80 plantas de biodigestión² de diferentes tamaños, tecnologías, usos y aplicaciones. Además, las tecnologías aplicables a biodigestión anaeróbica son diversas y funcionales, esto hace que sea necesario tener un conocimiento acabado de cada proceso para definir la mejor alternativa para cada situación y lograr confiabilidad en la misma, propiciando de esta manera el camino del desarrollo tecnológico nacional, la generación de energía renovable, el uso racional y eficiente de los recursos, la sustentabilidad y sostenibilidad de las plantas de biogás, el cuidado del ambiente y la integración de los sistemas productivos en la sociedad que los acoge.

Con el objetivo de orientar las capacidades del Grupo de biogás a las necesidades del sector,

² En base a las actividades de extensión que viene llevando a cabo el Grupo de biogás del INTI, desde el año 2010.

durante el 2014, el INTI comienza con el diseño del relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica. La idea del diagnóstico se estructuró en etapas, cumpliendo, en ese mismo año, la etapa preliminar con la visita a 8 instalaciones.

Uno de los aspectos más destacados del relevamiento han sido las visitas personalizadas a las plantas de biodigestión anaeróbica. Con el propósito de asegurar la calidad de los datos relevados de cada planta, agentes de la Red de biogás del INTI completaron *in situ* planillas que recorren todas las etapas del proceso de biodigestión anaeróbica. De esta manera, se logró sistematizar la recolección de datos para su posterior evaluación y análisis.

Para llevar a cabo el relevamiento fue fundamental la planificación integral teniendo en cuenta los objetivos buscados, la disponibilidad de recursos, la distribución geográfica, los tiempos disponibles, etc.

1.1 Objetivos y metas

1.1.1 Objetivo principal

El relevamiento tiene como objetivo principal la construcción de un diagnóstico de carácter nacional del estado del arte de la biodigestión anaeróbica, que sirva de herramienta para la planificación estratégica y el desarrollo sostenido de esta tecnología renovable para generación de energía.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Detectar campos específicos de aplicación para la producción de biogás (procesos, equipos, operación, mantenimiento, etc.).
2. Analizar casos exitosos de aplicación, como también aquellos que no han cumplido las expectativas, buscando las causas de ambas situaciones y sus posibles soluciones o mejoras tecnológicas.
3. Identificar y caracterizar a los proveedores de la tecnología, de equipos y componentes o materiales, para iniciar un proceso continuo de información que estreche los vínculos entre emprendedores, que ven a la

biodigestión anaeróbica y a las empresas ligadas al sector como una oportunidad.

4. Localizar geográficamente la ubicación de las plantas relevadas en el territorio nacional.
5. Detectar los tipos de sustratos empleados, así como el manejo y uso posterior de los productos y subproductos obtenidos como resultados de la biodigestión anaeróbica.
6. Analizar los costos de instalación y mantenimiento de las plantas de biogás.
7. Relevar el tipo de control, seguimiento y gestión de los procesos productivos, por ejemplo, el control de la materia prima, variables operativas, control de productos y subproductos, entre otros.
8. Detectar cómo se resolvió el cumplimiento de las reglamentaciones y exigencias legales a nivel nacional, provincial y municipal.
9. Desarrollar una estrategia de asistencia técnica para impulsar la actividad de biodigestión anaeróbica en la Argentina.

Lograr los objetivos propuestos permitirá: ajustar el enfoque y la estrategia nacional sobre la tecnología; definir cuáles son los servicios, normativas, desarrollos tecnológicos y económicos que el sector necesita para avanzar y ser sostenible; conocer los ensayos y asistencias técnicas requeridos, entre otras cosas; todo ello, inserto en nuestra realidad económica, técnica, socio-ambiental y legal.

1.1.3 Metas

Relevar 60 plantas de biodigestión anaeróbica en todo el territorio nacional, considerando para cada una de ellas los objetivos detallados previamente.

1.2 Equipo de trabajo

El grupo de trabajo se integró por profesionales técnicos de diferentes especialidades y disciplinas, lo cual ha permitido el abordaje multidisciplinario de las tareas, aspecto que enriquece la evaluación y los resultados obtenidos. Dentro del equipo

de trabajo se encuentran: ingenieros ambientales; ingenieros químicos; ingenieros industriales; ingenieros agrónomos; licenciados en microbiología; bioquímicos; abogados, entre otros.

Seguidamente se detallan los 25 agentes del INTI que participaron en el relevamiento de plantas de biodigestión distribuidos en 11 provincias³. Es válido mencionar que, en algunos casos, los agentes no pertenecían a la Red de Biodigestión Anaeróbica del INTI, no obstante tienen un acercamiento a la tecnología, hecho que merece el agradecimiento por la colaboración y la dedicación en las actividades llevadas a cabo.

- **Centro INTI Ambiente:** Ruth Rodríguez, Fanny Flesler, Federico Bailat.
- **Centro INTI Córdoba:** Silvia Ermeninto.
- **Centro INTI Entre Ríos:** Alejandra Barlatey, Carlos Cousido, Gustavo Ruhl.
- **Centro INTI Jujuy:** Mariana Tarifa.
- **Centro INTI La Pampa:** Alejandra Schutz.
- **Centro INTI Mendoza:** Natalia Vanin, Claudia Herrera, Martín Reynoso.
- **Centro INTI Neuquén:** Julieta Calo, Valeria Henríquez.
- **Centro INTI Programa Energías Renovables:** Agustín Piccolletti, Sebastián Valente, Gustavo Gil.
- **Centro INTI Rafaela:** Marcos Allasia, Mario Schiavi.
- **Centro INTI Salta:** Martín Altamirano, Patricia Gonzales, Jesús Cabrera.
- **Centro INTI Tucumán:** Raquel Urueña, Luis Mopty, Mariana Catalán.

También se contó con la colaboración de agentes externos al INTI, pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA–, que

participan activamente de las actividades de la Red de Biodigestión Anaeróbica del INTI.

Centro INTA Esquel: Lucas Gallo Mendoza

- **Centro INTI Patagonia:** Lucas Zanovello

Para la articulación de las actividades del relevamiento⁴, se definió un equipo coordinador integrado por los siguientes agentes:

- **Centro INTI San Luis:** Víctor Goicoa.
- **Centro INTI Ambiente:** Ruth Rodríguez.
- **Centro INTI Entre Ríos:** Alejandra Barlatey.
- **Centro INTI Energías Renovables:** Gustavo Gil y Agustín Piccolletti.

³ Cada provincia mencionada cuenta con un centro INTI.

⁴ El equipo coordinador fue necesario en virtud del alcance del proyecto y la distribución geográfica de las plantas objeto del análisis.

2. METODOLOGÍA

-
- 2.1 Estructura
 - 2.2 Información inicial
 - 2.3 Grupos de trabajo
 - 2.4 Mecanismo del relevamiento
 - 2.5 Distribución del relevamiento



2.1 Estructura

El diagnóstico se dividió en tres etapas. En la primera, de planificación, se identificó el listado inicial de plantas de biodigestión y proveedores de tecnología (como se detalla en el apartado *Información inicial*); la información a relevar en cada visita y la posterior elaboración de planillas de relevamiento⁵ (Anexo 1); los recursos humanos disponibles; las herramientas y equipos necesarios y los procedimientos de acceso a los fondos necesarios para la movilidad hacia las empresas seleccionadas. Esta etapa finalizó con la elección de las plantas testigo⁶, que se relevaron durante la etapa siguiente. En el Gráfico 1 se detallan los aspectos más importantes de la primera etapa.

La segunda etapa, de validación, consistió en implementar la metodología definida en 8 plantas testigo (plantas para el análisis inicial), para eva-

luar el desempeño y los resultados obtenidos con el objetivo de encontrar puntos de mejoras.

La selección de las plantas testigo se estableció, fundamentalmente, en base a la disponibilidad de los agentes, al tamaño de la planta e interés de participación de los responsables de las mismas. Mientras que el Cuadro 2 (página 11) las clasifica según tamaño, en pequeñas, medianas o grandes.

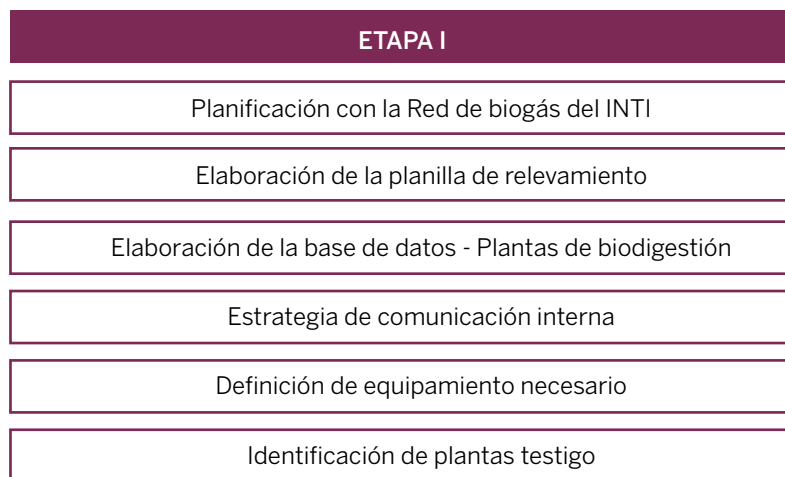
Lo más destacado de esta etapa fue la realización de los relevamientos *in situ* donde se pusieron a prueba los aspectos definidos en la etapa anterior. A partir de la experiencia, se confeccionó la base de datos para la carga de la información recolectada en cada relevamiento, permitiendo la sistematización y centralización de la misma. También se estableció la clasificación de los aspectos sobresalientes para el análisis estadístico posterior.

Al finalizar esta etapa, se realizó una reunión de trabajo con el Equipo de la Red del INTI para analizar las experiencias y optimizar las metodologías y planillas.

La tercera etapa implicó la ejecución de los relevamientos restantes y la elaboración y presentación de informes. Durante esta etapa, se lograron alcanzar la totalidad de los objetivos específicos, al mismo tiempo que se amplió la base de datos de plantas y proveedores.

⁵ La planilla de toma de datos contiene toda la información de importancia para el relevamiento: sustratos, tecnología, características constructivas, recursos económicos, recursos humanos, aspectos energéticos, financiamiento, entre otros.

⁶ Por planta testigo se define a las empresas seleccionadas para poner en evaluación el formato y la metodología del relevamiento surgido de la planificación.

Gráfico 1: Aspectos significativos - Etapa I

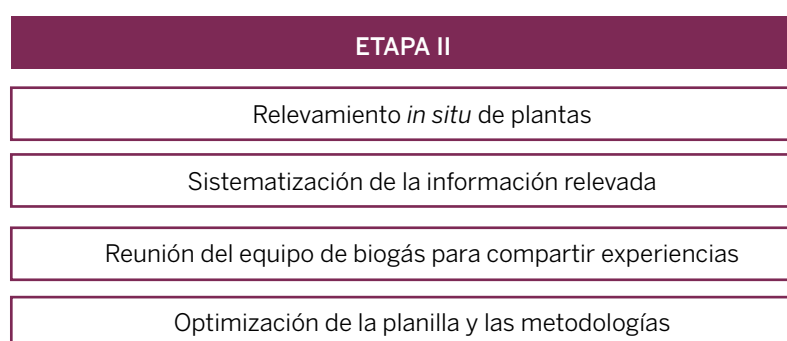
Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 1: Distribución de plantas testigo

Provincia	Pequeño	Mediano	Grande	Sin clasificación*	Cantidad total
Santa Fe		1	1		2
Entre Ríos	1	1	1		3
Tucumán			1		1
Buenos Aires			1	1	2
Total	1	2	4	1	8

* Sin clasificación debido a la falta de información al momento de realizar la actividad de referencia.

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 2: Aspectos significativos - Etapa II

Fuente: Elaborado por los autores

A continuación, se describen los sucesos más relevantes de esta etapa (Gráfico 3).

Además, con el objetivo de ampliar la información disponible sobre las plantas de biodigestión anaeróbica del país, se difundió la actividad a través de la Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER), la Secretaría de Comunicación Pública, la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), el Boletín Electrónico Energía Estratégica

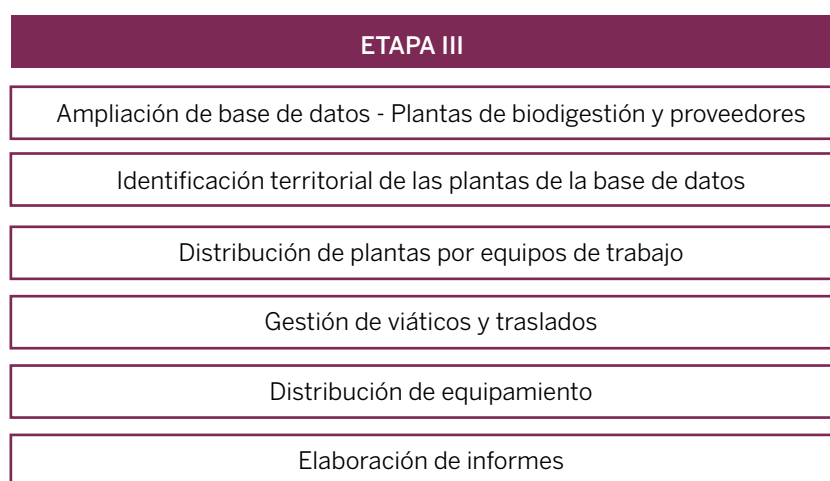
y el Portal del INTI, entre otros medios de comunicación.

De esta manera se pudo actualizar la base de datos, a partir de la cual se pudo seleccionar las 60 plantas, meta del proyecto.

2.2 Información inicial

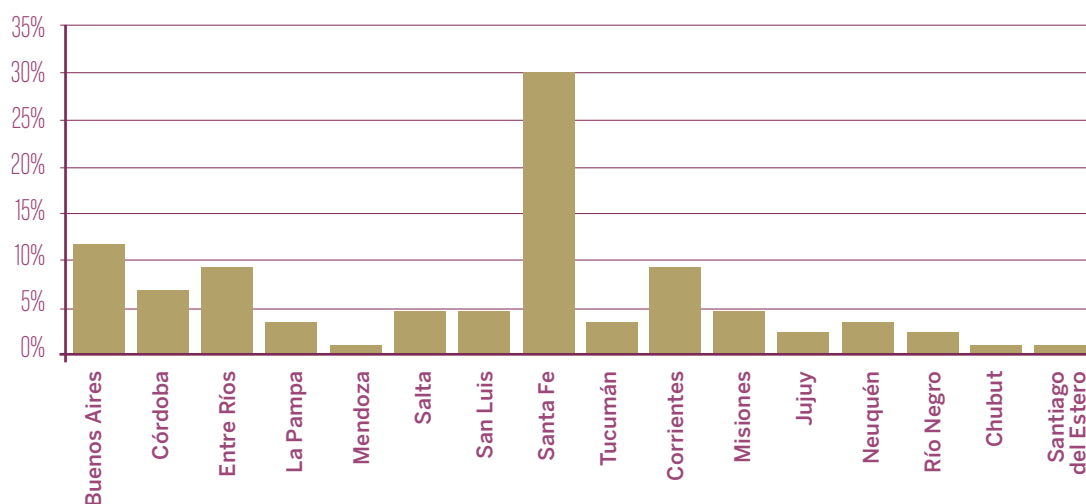
Al momento de iniciar el relevamiento se conocía la existencia de más de 80 plantas de biodiges-

Gráfico 3: Aspectos significativos – Etapa III



Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 4: Distribución de las plantas por provincia, según información al inicio del proyecto



Fuente: Elaborado por los autores

ción anaeróbica, donde más del 40% se encuentra distribuido entre las provincias de Buenos Aires y Santa Fe. Los gráficos 4 y 5 muestran la participación de plantas por cada provincia, en el total del país, al iniciar el trabajo.

No se tiene registro de biodigestores anaeróbicos en las siguientes provincias: Catamarca, Santa Cruz, La Rioja, San Juan, Formosa, Chaco y Tierra del Fuego.

En el Gráfico 6, se describen las plantas conocidas⁷ según su tamaño. Las plantas cuya existencia se conocía pero no se contaba con información acerca del tamaño de sus reactores fueron clasificadas como S/D (sin detalle).

Para la clasificación de las plantas, se adoptó como parámetro el tamaño de los reactores, es decir su volumen (Cuadro 2). Desde el punto de vista energético el parámetro más importante es la generación de biogás, sin embargo, por las características y situación de la tecnología en el país, tomar este parámetro para la clasificación introduciría algunas incertidumbres como se detallará en la sección de resultados.

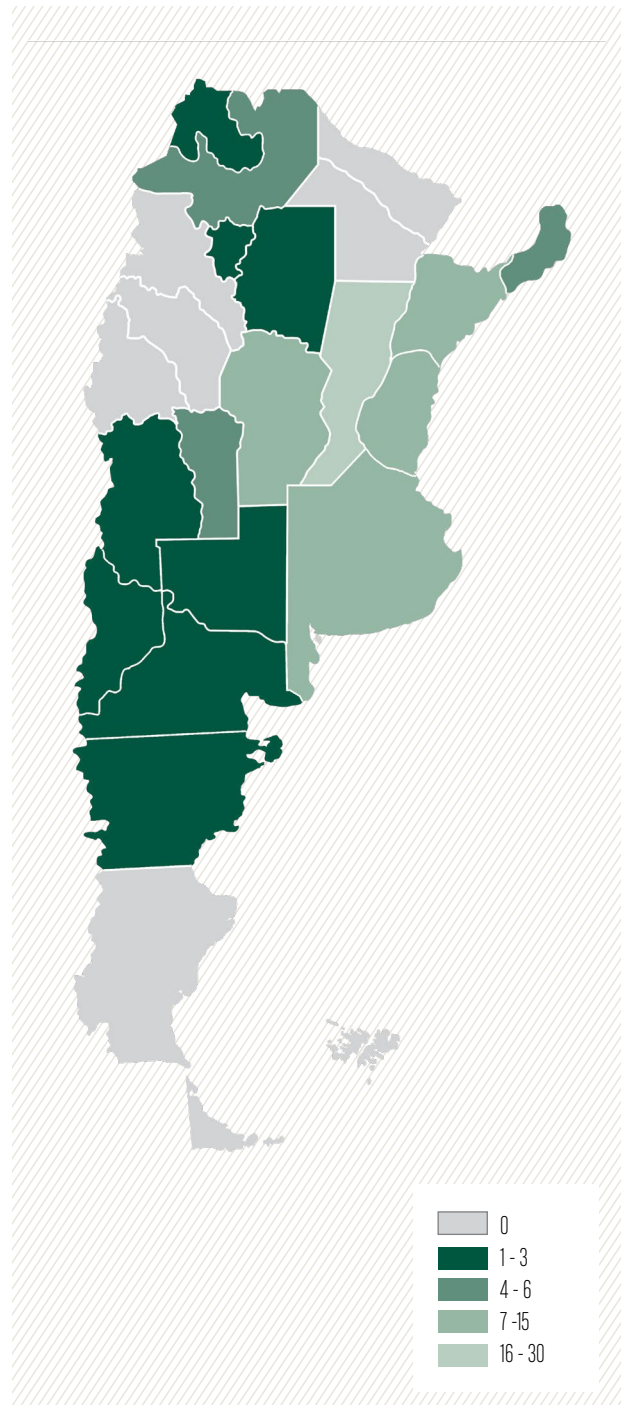
2.3 Grupos de trabajo

Para llevar a cabo las visitas, se definieron 9 grupos de trabajo, a los que se les asignaron las plantas objeto de visita (Gráfico 7). La conformación de estos grupos, junto con la distribución de las plantas, se realizó, principalmente, teniendo en cuenta los centros de trabajo del INTI, los agentes de la Red de biodigestión anaeróbica y la distribución geográfica de las instalaciones.

Si bien la meta del relevamiento es de 60 plantas, en la selección inicial se ubicaron 62, para disponer de margen por algún imprevisto sobre la falta de información, baja por cuestiones ajenas al INTI, etc.

En el Cuadro 3, se detallan las plantas designadas a cada grupo y la participación sobre el relevamiento.

Gráfico 5: Localización por provincia de las plantas conocidas al iniciar el proyecto



Fuente: Elaborado por los autores

⁷ Se entiende por plantas conocidas aquellas de las que se tenía conocimiento de su existencia. En algunos casos, se disponía de información sobre las características de la planta; en otros casos, no.

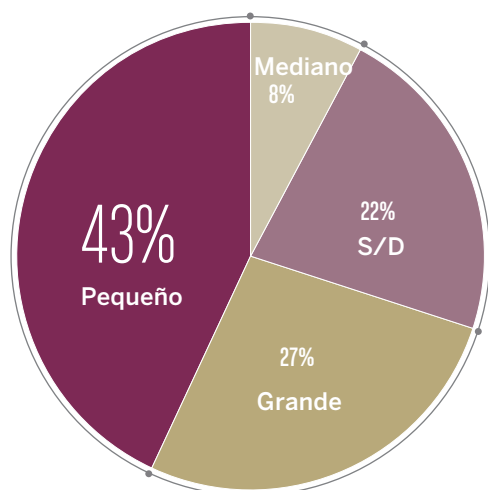
2.4 Mecanismo del relevamiento

Para homogenizar el proceso de visita, desde el grupo coordinador se desarrolló una serie de pasos a seguir por cada grupo de trabajo, con el fin de reducir los errores y estandarizar el relevamiento de información. Entre los aspectos más destacados, se describen los siguientes:

2.4.1 Proceso del primer contacto

El primer contacto con la empresa seleccionada fue fundamental para lograr los objetivos del proyecto. En este intercambio se obtuvo como resultado principal el interés o no de la empresa en participar del relevamiento, además de las características más significativas de la planta de biogás, para organizar la siguiente visita.

Gráfico 6: Composición y escala de las plantas conocidas al iniciar el proyecto



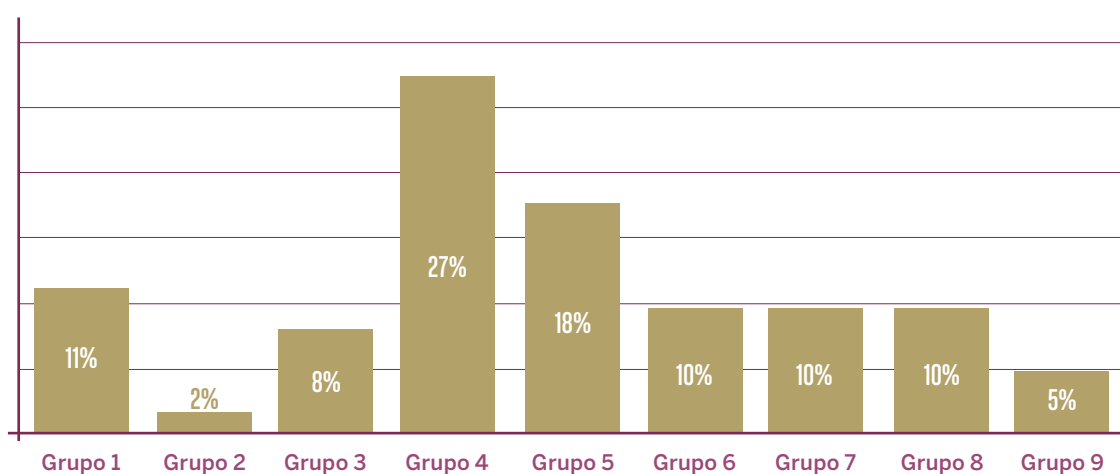
Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 2: Clasificación de plantas

Clasificación	Parámetro
Pequeña	<100 m ³
Mediana	>100 m ³ y <1000 m ³
Grande	>1000 m ³

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 7: Grupos de trabajo



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 3: Distribución de los grupos de trabajo para la ejecución a campo del proyecto

Centros INTI	Plantas propuestas para relevar	Porcentaje (%)	Grupos
Entre Ríos	7	11	Grupo 1
Mendoza	1	2	Grupo 2
San Luis-La Pampa	5	8	Grupo 3
Rafaela	17	27	Grupo 4
Ambiente-Energías Renovables	11	18	Grupo 5
Córdoba	6	10	Grupo 6
Neuquén-INTA	6	10	Grupo 7
Salta-Jujuy	6	10	Grupo 8
Tucumán	3	5	Grupo 9
Total	62		

Fuente: Elaborado por los autores

Un aspecto que preocupaba a los propietarios, fueran empresas, organizaciones, instituciones o particulares, era la difusión de la información que se realizaría *a posteriori*. Por este motivo, se acordó con los propietarios u operadores de la planta que la información brindada para el relevamiento sería de carácter confidencial y el informe final contendría información general (no particular) de todas las plantas. Este paso fue importante, ya que fue uno de los primeros argumentos de los empresarios para negar su participación en el relevamiento.

Para apoyar institucionalmente al agente encargado de realizar las primeras comunicaciones con los referentes de las plantas a visitar, se redactó una carta de presentación firmada por el responsable del Programa de Energías Renovables y el Gerente de Proyectos Especiales, dependientes del INTI, en la que se describía el objetivo del relevamiento y las instituciones y agentes participantes.

A continuación, se describen las etapas que se debieron cumplir en el primer contacto con cada industria, organización, institución o particular (ver Gráfico 8).

Etapas 1. *Descripción del proyecto:* se informó a la persona de contacto de la empresa, institución u organización a relevar, sobre el Grupo de trabajo de biogás de INTI, los objetivos del relevamiento, la vinculación con el Proyecto FAO - UTF/ARG/020/ARG - para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), la metodología a seguir (principalmente la encuesta de toma de datos), la visita a la planta y el informe final, y la confidencialidad de la entrevista y de los datos e información brindada.

Etapas 2. *Beneficios por participar:* se ofreció aportar la información y observaciones técnicas surgidas de la visita, la entrega de un informe de la actividad, el estado actual de la planta de biogás y, en caso de estar operativa y ser posible, mediciones de la calidad de biogás generado, además de pertenecer al primer registro nacional de biodigestores y acceder a potenciales vinculaciones con el INTI.

Etapas 3. *Interés:* se registró si la planta contactada deseaba o no participar del relevamiento y, en caso de contar con una respuesta negativa, se detallaron los motivos.

Etapas 4. *Planta grande:* si el biodigestor correspondía a la categoría de planta grande, en

principio se estimó que la estructura de calidad del proceso no justificaba realizar mediciones *in situ*⁸. Por ello, se pasaba a la etapa 8. Sin embargo, a través del diálogo y el conocimiento real de la situación podía surgir la necesidad de incluir algún tipo de medición.

Etapas 5 - Aceptación de las mediciones: la empresa debía definir si estaba de acuerdo en que se realicen mediciones *in situ* del biogás generado.

Etapas 6 - Necesidades de medición: Debía quedar claro qué tipo de controles o mediciones se llevarían a cabo en la planta, para definir y gestionar el equipamiento a utilizar durante la visita. Este aspecto fue fundamental para organizar la disponibilidad de los instrumentos de medición.

Etapas 7 - Requerimientos de la visita: se identificó la formalidad demandada por cada empresa, institución u organización para la visita. Por ejemplo: documentación necesaria, requisitos de seguridad y calidad, etc.

Etapas 8 - Registro de la información: se dejó por escrito lo que se definió en el contacto (breve *minuta*).

Etapas 9 - Envío de correo: se debía enviar resumen del contacto, adjuntar nota de presentación del proyecto y acordar próximos pasos a seguir.

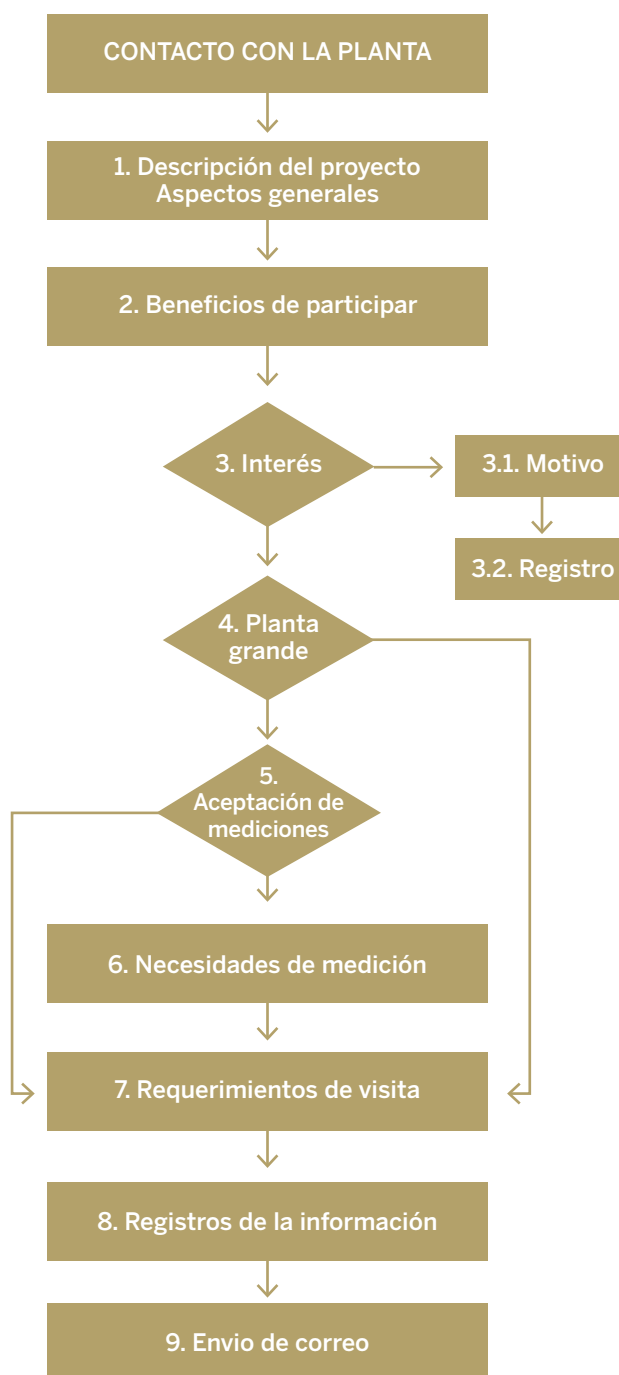
Con el objeto de mejorar el proceso de intercambio, desde el equipo coordinador del proyecto se desarrolló una *check list* con los aspectos más importantes a destacar en el primer contacto.

La información recolectada fue enviada al equipo coordinador del proyecto para realizar la compilación de todas las plantas y comenzar la planificación de la distribución de los equipos necesarios para el muestreo.

2.4.2 Información a relevar

La información necesaria para realizar el diagnóstico de la tecnología de referencia se concentró en una planilla-encuesta a completar por cada uno de los establecimientos visitados. Este es uno de

Gráfico 8: Procedimiento para el primer contacto con las empresas, organizaciones, instituciones o particulares



Fuente: Elaborado por los autores

8. Si bien se adoptó el criterio para realizar una discriminación inicial, esto podía no cumplirse y hacer necesario el análisis *in situ*. También podía existir la necesidad de comparación de ensayos o la ampliación del mismo para la determinación de componentes específicos.

los elementos más importantes del relevamiento y constituyó el registro final de datos relevados. Por lo cual, la planilla-encuesta se cotejó en un proceso de evaluación aplicándola a casos testigo, ya mencionado. Para facilitar su utilización, la información se dividió en 13 secciones, como se describe a continuación. En el Anexo 1, se dispone del modelo final de planilla utilizado.

1. Datos del encuestador
2. Datos del entrevistado
3. Empresa/organización/productor
4. Inicio de las actividades de biodigestión anaeróbica
5. Alimentación
6. Sistema anaeróbico (manejo/operación, purificación de biogás)
7. Energía/cogeneración
8. Uso/disposición de efluentes
9. Balance/aspectos económicos
10. Aspectos generales
11. Aspectos relevante/vinculación
12. Proyecciones
13. Anexos

Dado que la utilización directa de la planilla-encuesta puede resultar una situación incómoda tanto para el encuestado como para aquel que está llevando a cabo la visita, se diseñó una lista de preguntas guía vinculadas a la planilla-encuesta, de forma tal de transformar el proceso de relevamiento en una actividad más amena. La guía de preguntas vinculadas a la planilla-encuesta está detallada en el Anexo 2.

2.4.3 Mediciones

Para analizar la situación de la tecnología en cada instalación, fue preciso contar con datos concretos sobre las variables más significativas del proceso de biodigestión anaeróbica (en el Anexo 3, se detallan las variables/controles más relevantes del proceso anaeróbico). Por tal motivo, se incorporó como parte del relevamiento, en aquellos casos que fuera necesario mediciones *in situ* de algunas de estas variables. Esto permitió, entre otras cosas, analizar la eficiencia de cada tecnología en relación con el proceso en general (cumplimiento

de condiciones de proceso, calidad del biogás, etc.) y, a partir de ello, discriminar las fortalezas y debilidades de cada caso.

Con respecto a las mediciones se distinguieron tres aspectos:

- a. Mediciones y controles que realiza la empresa, institución u organización: es decir, el grado de control que efectúa en las etapas de alimentación, proceso anaeróbico, productos y subproductos, etc.
- b. Deficiencias de control: se define por el seguimiento básico de todo proceso anaeróbico (diferencia entre lo que se solicita en las planillas y el control que la empresa realiza).
- c. Mediciones a realizar en la visita: por cuestiones de disponibilidad de equipos, las potenciales mediciones se realizaron en las plantas de menor tamaño -que en principio son las que menos controles realizan-, lo cual no quita que pueda surgir la necesidad de efectuar alguna medición a otro tipo de planta. Esto último, dependió, también, de las posibilidades de efectuar las mediciones del Centro INTI.

En el marco del relevamiento, las mediciones correspondieron a:

1. Temperatura
2. pH
3. Composición del biogás

Observación: en los casos en que fue necesario realizar una caracterización de sustratos, efluentes u otros elementos, por pedido de la empresa o por resultar de interés para el INTI, esto quedó fuera del alcance del relevamiento, y su concreción dependió de las posibilidades de cada Centro INTI. Es decir que la actividad quedó supeditada a una vinculación posterior a través de los mecanismos formales del INTI (órdenes de trabajo, convenio, etc.).

Disponibilidad de equipos: una vez efectuado el contacto con las empresas y la discriminación de

la cantidad y distribución de aquellas dispuestas al muestreo, se procedió a realizar, en función de la disponibilidad de equipos, la distribución por grupos de trabajo⁹.

2.4.4 Informe de visita (para la planta)

Como contrapartida, a cada planta visitada se entregó un informe con los aspectos generales de la actividad haciendo foco en el sistema de generación de biogás. Este informe contiene una copia de la encuesta realizada (planilla) y observaciones generales (aspectos significativos) del proceso. El informe sigue un formato único definido para todas las visitas. En el Anexo 4, se adjunta a modo

de ejemplo, el informe elaborado para la Planta experimental de biogás de la Universidad Nacional de Cuyo en Mendoza.

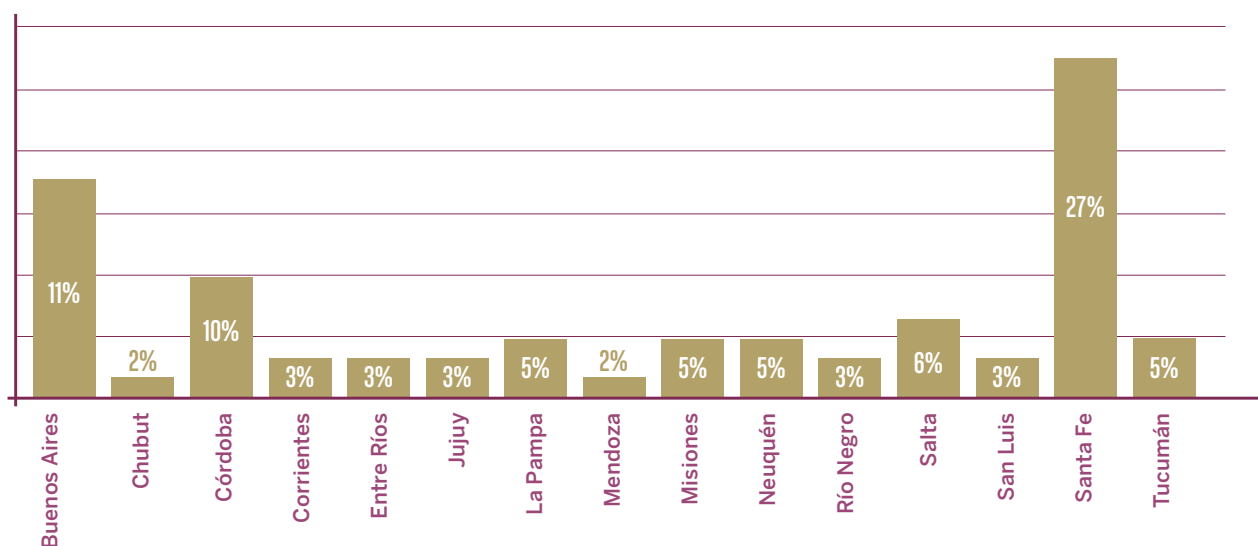
Observación: el informe no consistía en un diagnóstico de la empresa y esto debía ser informado al responsable o propietario de las instalaciones.

2.5 Distribución del relevamiento

En función de la cantidad de plantas conocidas, se seleccionaron 62, distribuidas en todo el país, como lo muestra el Gráfico 9. La elección se realizó teniendo en cuenta principalmente el tamaño, la tecnología empleada, sustratos, uso energético, ubicación, etc.

9. El equipo crítico de distribución fue el medidor portátil de biogás, debido a su costo y disponibilidad en el INTI.

Gráfico 9: Plantas a relevar



Fuente: Elaborado por los autores

3. RESULTADOS

-
- 3.1 **Análisis de la información relevada**
 - 3.2 **Características generales de las plantas de biodigestión**
 - 3.3 **Características constructivas**
 - 3.4 **Características operativas**
 - 3.5 **Características energéticas**
 - 3.6 **Características de los subproductos**
 - 3.7 **Proveedores**



Como se mencionó anteriormente, al inicio del relevamiento se conocían aproximadamente 80 plantas de biodigestión anaeróbica. A medida que se avanzó con el diagnóstico, y principalmente, a través del contacto con los referentes de las plantas relevadas, se amplió el listado hasta alcanzar las 105 plantas. En el Gráfico 10, se observa la distribución por provincia de las plantas de biodigestión anaeróbica conocidas después de terminada la actividad de campo.

Del total de 62 plantas seleccionadas inicialmente¹⁰, para cumplir con la meta del proyecto (60 unidades), algunas se dieron de baja a medida que se avanzaba con las actividades, y superaron las dos instalaciones extra pensadas en la selección inicial. Esto demandó incorporar al relevamiento otras instalaciones no contempladas, como se observa en el Cuadro 4. Así, se contactaron 82 plantas, de las cuales 18 se dieron de baja, 61 fueron efectivamente relevadas y 3 plantas no finalizaron el proceso por falta de información¹¹.

Las plantas que se dieron de baja fueron reemplazadas por:

1. Incorporación de plantas que se conocían pero no habían sido seleccionadas en la etapa de planificación.
2. Visitas a plantas que no estaban registradas en la base de datos.

Observaciones:

- *Relevado*: planta visitada y con información completa para el análisis (proceso completo).
- *En curso (relevado parcialmente)*: planta visitada pero con faltante de algunos datos para incluirla en el informe.
- *Baja*: planta que se ha dado de baja, ya sea porque los responsables han manifestado la negativa al relevamiento o por que no se ha podido establecer contacto con las mismas. Generalmente se trató de plantas inexistentes o desmanteladas.

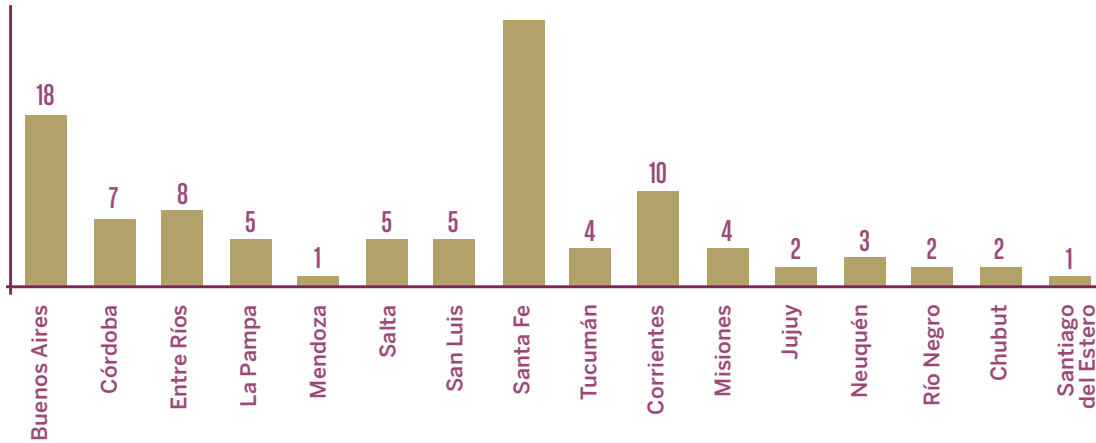
Como resultado final, se visitaron 64 plantas, de las cuales 61 completaron el proceso de relevamiento cumpliendo de esta forma la meta propuesta.

En el Cuadro 5 y el Gráfico 11 se detallan los relevamientos llevados a cabo.

¹⁰ Cantidad definida al inicio del trabajo y valor definido en la planificación del mismo.

¹¹ No todas las empresas visitadas brindaron la totalidad de la información necesaria para el informe.

Gráfico 10: Plantas detectadas



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 4: Estado final del relevamiento

Provincia	En curso	Baja	Relevado
Buenos Aires	1	4	9
Chubut	–	–	2
Córdoba	–	3	3
Corrientes	–	2	2
Entre Ríos	–	2	4
Jujuy	–	–	2
La Pampa	–	–	5
Mendoza	–	–	1
Misiones	1	1	2
Neuquén	–	1	2
Río Negro	–	1	1
Salta	1	–	3
San Luis	–	–	4
Santa Fe	–	3	17
Santiago del Estero	–	–	1
Tucumán	–	1	3
Total general	3	18	61

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 5: Plantas relevadas

Provincia	Localidad	Localidad
Buenos Aires	Cañuela	Lasaffre Argentina SAF
Buenos Aires	San Fernando	AySA
Buenos Aires	Charlone	Sancor
Buenos Aires	Carlos Tejedor	Establecimiento La Micaela
Buenos Aires	Carlos Keen (Luján)	Fundación Caminos Abiertos
Buenos Aires	Zárate	Quilmes
Buenos Aires	Zárate	Quilmes
Buenos Aires	Bernal	Smurfit Kappa
Buenos Aires	Ayacucho	Chacra Nuestra Señora
Buenos Aires	Quilmes	Quilmes
Chubut	Puerto Madryn	Fundación Ceferino Namuncurá
Chubut	Maitén	Cushamen
Córdoba	Río Cuarto	Bioeléctrica
Córdoba	Coronel Baigorria	Cooperativa Eléctrica + Fundación Elipse
Córdoba	Malagueño	Cooperativa Mercado San Miguel
Corrientes	Corrientes (Capital)	Cervecería Quilmes
Corrientes	Riachuelo	Yvate
Entre Ríos	Cerrito	Escuela Pueblo Moreno
Entre Ríos	Oro Verde	Escuela Agrotécnica Alberdi
Entre Ríos	San José	Las Camelias
Entre Ríos	Colón	ADCADIS
Jujuy	Libertador General San Martín	Ledesma
Jujuy	Palpalá	Aviagro
La Pampa	Ingeniero Luiggi	Municipio
La Pampa	Dorila	Lartlrigoyen
La Pampa	General Pico	Biopis
La Pampa	Santa Rosa	Penitenciaría de Santa Rosa
La Pampa	Ataliba Roca	La Magdalena Estancia, SRL
Mendoza	Luján de Cuyo	UNCUYO
Misiones	Monte Carlos	Coop. Agrícola, Mixta Montecarlos
Misiones	Jardín América	Coop. de Servicios Públicos Jardín América
Misiones	Apóstoles	Hreñuk SA (Rosamonte)
Neuquén	Plottier	Dehuin Zonatto

Provincia	Localidad	Localidad
Neuquén	Plottier	INTA - IPAF
Río Negro	Cipolletti	DPA
Salta	Candelaria	Frigorífico Municipal
Salta	Centro	Particular (Ing. Fabián Cabrera)
Salta	Ciudad del Milagro	EET N° 3141
Salta	Salta Capital	Aguas del Norte CoSaySa
San Luis	Juan Llerena	ACA - TecnoRed
San Luis	La Punta	Universidad de la Punta
San Luis	Villa Mercedes	Glucovil
San Luis	Carpintería	Gobierno provincial (DEISA)
Santa Fe	Gobernador Crespo	Comuna
Santa Fe	La Criolla	Comuna
Santa Fe	Humberto Primo	Escuela primaria
Santa Fe	Guadalupe Norte	Naturaleza Viva
Santa Fe	Rafaela	Planta Cloacal ASSA
Santa Fe	Rafaela	Molfino Hnos SA
Santa Fe	Casilda	Aguas Santafesinas SA (ASSA)
Santa Fe	Cañada de Gómez	Aguas Santafesinas SA (ASSA)
Santa Fe	Carcarañá	Molinos Juan Semino SA
Santa Fe	Timbúes	Solamb SRL
Santa Fe	Emilia	Escuela Agrotécnica 2050
Santa Fe	Rafaela	Municipalidad de Rafaela
Santa Fe	La Potasa	Agrotécnica
Santa Fe	Reconquista	EEA Reconquista
Santa Fe	Villa Ocampo	La Unión del Norte
Santa Fe	Santa Fe	Compañía Industrial Cervecera (CIC SA)
Santa Fe	San Carlos Sur	Cenci Agroindustrial
Santiago del Estero	Colonia Jaime	Comunidad Colonia Jaime
Tucumán	Cevil Pozo	Citrusvil
Tucumán	Famaillá	Citrícola San Miguel
Tucumán	Acheral	Acheral SA

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 11: Ubicación de las plantas relevadas en el país



Fuente: Elaborado por los autores

3.1 Análisis de la información relevada

En este apartado se describen los aspectos más significativos relacionados a la situación de la tecnología de biodigestión anaeróbica en el país, considerando: la infraestructura, el control del proceso, tipo de sustratos, usos de biogás, etc., así como también los aspectos vinculados a la percepción y satisfacción del usuario en relación a la tecnología bajo estudio. Los proveedores de plantas o equipos de biodigestión se tratan de forma separada.

3.2 Características generales de las plantas de biodigestión

3.2.1 Propietarios, funcionalidades y tamaños

El 53,1% de las plantas de biodigestión anaeróbica relevadas pertenecen al sector privado; le sigue el sector público, con el 37,5%; mientras que las cooperativas y ONG suman en conjunto 4,7% (Gráfico 12).

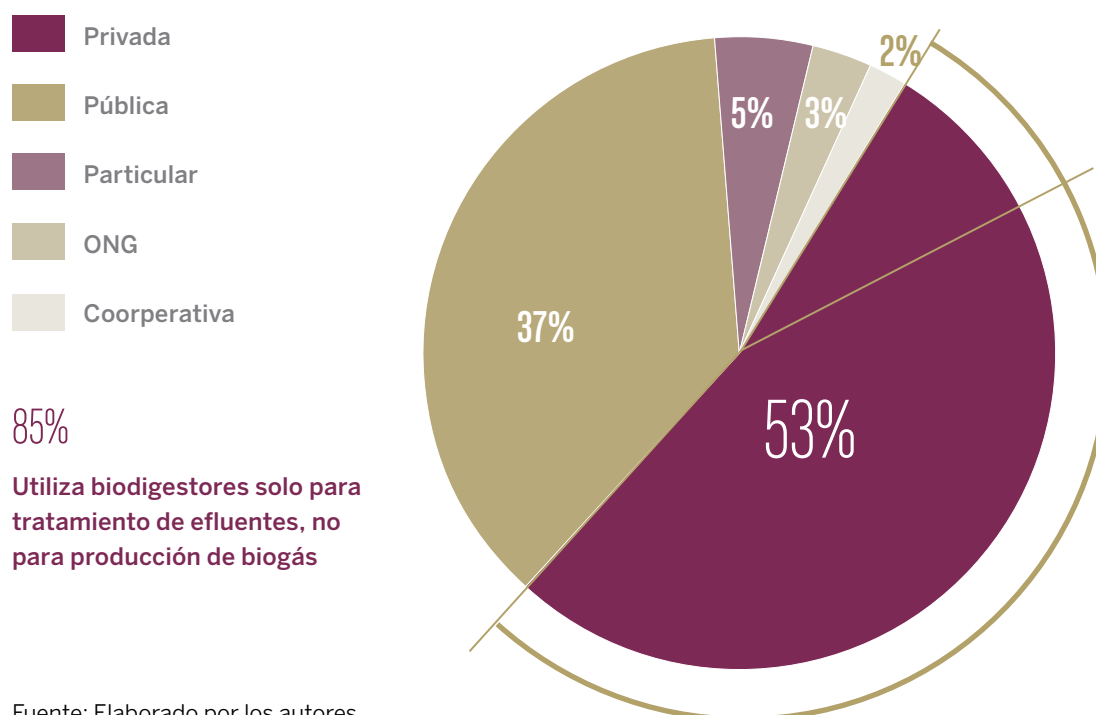
En este relevamiento, se clasificó como planta particular a biodigestores de origen familiar (bio-

digestores personales); y como planta privada, a biodigestores de origen industrial.

Dentro del sector privado, el 85,3% implementó dicha tecnología como sistema de tratamiento de efluentes o desechos (de forma total o como parte de un sistema más complejo de tratamiento), y solo un 6%, lo hizo con fines principalmente energéticos. Este hecho se manifiesta en el sub-aprovechamiento de las instalaciones y en la baja tasa de utilización del biogás como fuente de energía.

Con respecto al tamaño, se adoptó como parámetro de clasificación el volumen de reactor instalado y no la energía producida. Esto se debe a la falta de información, por parte de los operadores de las plantas de biogás, sobre la cantidad y calidad del gas generado. Teniendo esto en cuenta, prácticamente la mitad de las plantas de biogás relevadas son de tamaño pequeño (Gráfico 13), el 37% corresponde a plantas grandes y solo el 14% restante son plantas medianas.

Gráfico 12: Clasificación de las plantas relevadas por tipo de organización



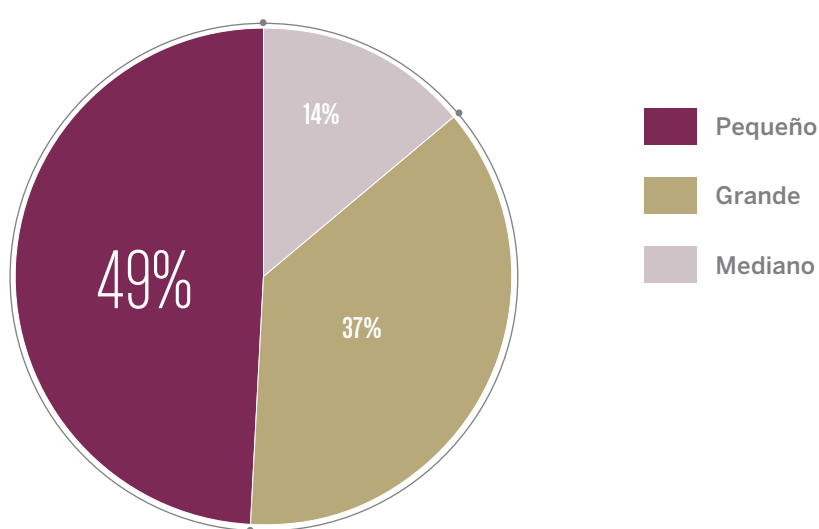
Fuente: Elaborado por los autores

En el sector privado, los números son diferentes. Más del 60% de las instalaciones corresponden a la categoría de plantas grandes de biogás y el 20%, a plantas pequeñas (Gráfico 14).

En cuanto a las instalaciones de biodigestión anaeróbica del tipo pública, el 54,2% de ellas se construyeron con objetivos de tratamiento, prin-

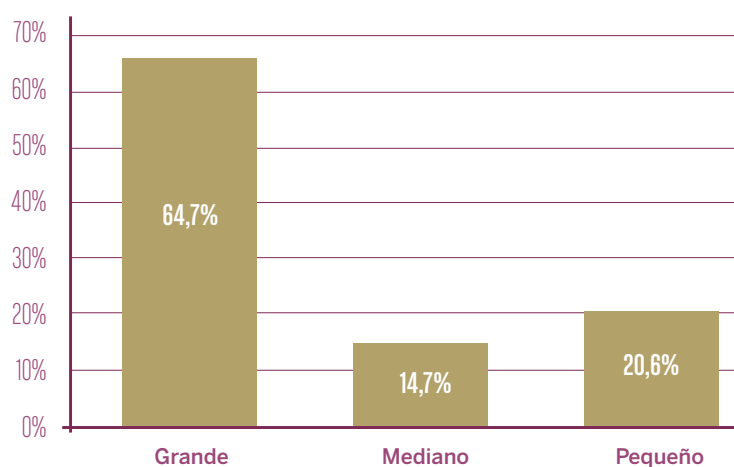
cipalmente, como sistemas de tratamiento de efluentes cloacales y valorización de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). Estas plantas están a cargo de municipios y se observan inconvenientes en lo referente a la gestión y operación de las mismas. Por otro lado, el 33,3% de las plantas tiene fines educativos o de investigación (Gráfico 15).

Gráfico 13: Distribución según el tamaño de los biodigestores



Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 14: Distribución por tamaño en el sector privado



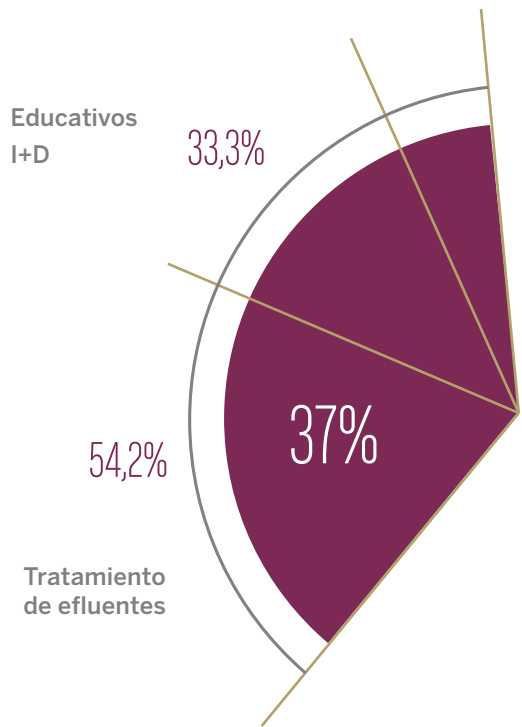
Fuente: Elaborado por los autores

En el sector público, la distribución por tamaño de plantas es inversa a la del sector privado. Aquí, el 58,3% de las plantas de biogás corresponden a pequeñas instalaciones y las grandes y medianas se distribuyen por igual, con un 20,8% cada una (Gráfico 16).

En el Cuadro 6, se observa la distribución del total de plantas relevadas de acuerdo a la función

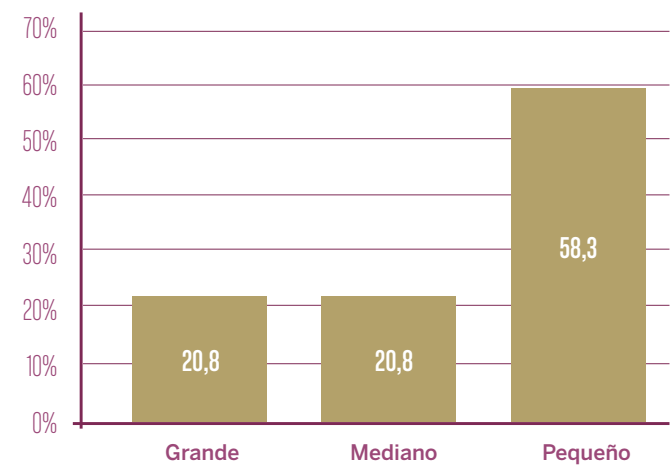
por la cual fueron creadas; en consecuencia, la mayor proporción está destinada al tratamiento de los desechos (líquidos y/o sólidos), en contraposición con las plantas de biogás que han sido implementadas para cubrir una necesidad o demanda energética, las cuales representan solo al 4% del total.

Gráfico 15: Distribución de acuerdo a la funcionalidad de los biodigestores del sector público



Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 16: Distribución por tamaño en el sector público



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 6: Objetivo del total de las plantas relevadas

Objetivo de la planta	Participación
Educativo	28%
Necesidad energética	4%
Otro	12%
Presión pública*	4%
Tratamiento	52%

Fuente: Elaborado por los autores

*Se refiere a los requerimientos ejercidos por la sociedad sobre la planta bajo estudio con el fin de mejorar o solucionar algún inconveniente en relación con el manejo de los residuos.

3.2.2 Ubicación de las plantas

El 93,7% del total de las plantas relevadas se encuentra distribuido entre zonas rurales y urbanas (Gráfico 17). Puntualizando en el sector privado, el 64,7% de los biodigestores está ubicado en zonas rurales, mientras que solo un 11,8% en parques industriales (Cuadro 7). Esta característica está relacionada con el tipo de biomasa utilizada. Al mismo tiempo el tipo de ubicación de las plantas tiene un efecto sobre la posibilidad de acceso a los servicios energéticos.

3.3 Características constructivas

3.3.1 Tecnologías detectadas

En el Cuadro 8, se describe la clasificación completa de los distintos tipos de tecnologías observadas durante el proyecto. Las más utilizadas son los reactores tipo mezcla completa (46%) y las de laguna cubierta (19%)¹².

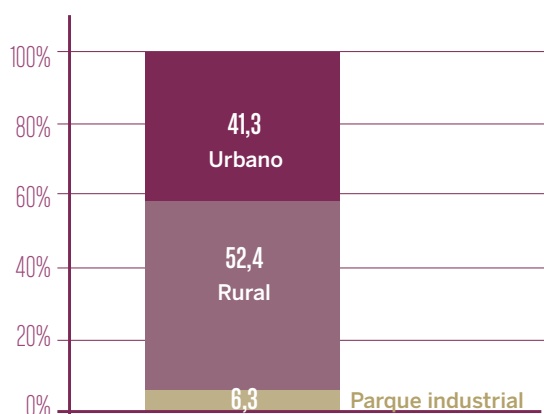
¹² Si bien se catalogan dentro de las tecnologías mencionadas, existen muchas variaciones dentro de cada tipo. Las diferencias se deben, principalmente, al manejo de la alimentación, tipo de agitación, geometrías, materiales, etc.

Cuadro 7 : Localización de las plantas de biogás relevadas

Tipo de organización	Parque industrial (%)	Zona rural (%)	Zona urbana (%)
ONG	0,0	50,0	50,0
Particular	0,0	33,3	66,7
Privada	11,8	64,7	23,5
Pública	0,0	37,5	62,5

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 17: Ubicación general de las plantas



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 8: Tipos de tecnologías

Tipo de Reactor	Participación (%)
Mezcla completa	46,0
Laguna cubierta	19,0
Flujo pistón	15,9
UASB	15,9
RAC	1,6
Otro	1,6

Fuente: Elaborado por los autores

Se evidenció, en algunos casos, que la tecnología adoptada no se correlacionaba totalmente con las necesidades y características del proceso. Además, como gran parte de los biodigestores tiene como fin el saneamiento ambiental, una parte importante de las plantas posee tecnologías óptimas para el aprovechamiento energético de las instalaciones.

El Gráfico 18 muestra el detalle de las tecnologías, según su implementación en el sector público y privado. Para el sector público, el 87% de las plantas corresponde a los tipos de mezcla completa y flujo pistón.

Observaciones con respecto a los tipos de biodigestores: Es necesario y válido aclarar que, en muchos casos relevados, el tipo de reactor implementado no pertenece estrictamente a la clasificación detallada, sin embargo, realizar una división más específica de la tecnología no contribuye a la caracterización y descripción de las plantas instaladas. En función de ello, a continuación se realizan algunas observaciones.

- **Flujo pistón:** son reactores generalmente rectangulares, sin agitación mecánica, describiendo un flujo símil pistón, con la circulación de los sustratos y la mezcla en digestión, que se produce cuando se alimenta el digestor. Usualmente, se los encuentra en unidades pequeñas y de baja infraestructura, contruidos principalmente de mampostería.
- **Laguna cubierta:** son reactores generalmente rectangulares sin agitación mecánica, la circulación de los sustratos y la mezcla en digestión por el interior del mismo se produce con cada alimentación al digestor. En general, están contruidos principalmente con geo-membrana y se los suele encontrar en unidades medianas y grandes que cuentan con baja infraestructura. Por sus características son usados para alimentaciones de bajo contenido de sólidos totales.
- **Mezcla completa:** son reactores cilíndricos, que cuentan con agitadores para proporcionar una mezcla homogénea de los sustratos que ingresan al digestor con la mezcla en digestión. Si bien es condición necesaria que el reactor de mezcla completa esté agitado para mantener la

homogenidad del seno del fluido, se encontraron reactores de estas características sin agitación, circunstancia que se tuvo presente en las características operativas de las instalaciones. Estos biodigestores son empleados mayormente para tratar sustratos con elevada presencia de sólidos.

- **RAC:** son los denominados reactores anaeróbicos de contacto.
- **UASB:** son los reactores de flujo ascendente y manto de lodos.

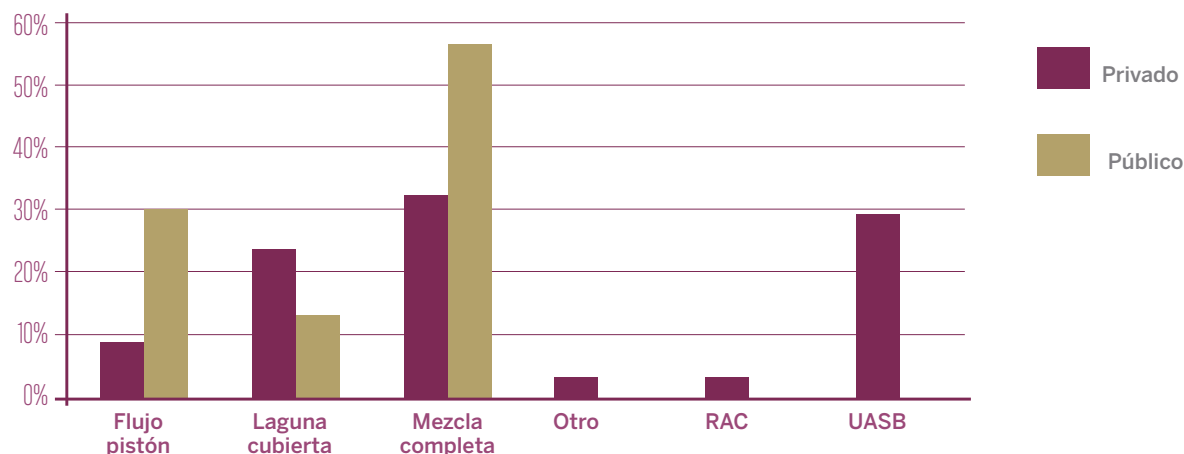
3.3.2 Materiales para construcción de biodigestores

Los materiales empleados para la construcción de biodigestores son variados y van desde acero inoxidable, acero común, adobe, ferro cemento, membranas de diversos espesores, hormigones variados (comunes y preparados para las condiciones de operación), mampostería, polietileno, plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), etc.

En el Gráfico 19, se detallan los materiales utilizados en las plantas relevadas, discriminados por tipo de reactor. Allí se observa que para los reactores tipo mezcla completa los principales materiales usados son: hormigón, mampostería y polietileno.

Este aspecto está directamente relacionado con la seguridad en la operación de las plantas de biogás, desde el punto de vista de la integridad de las personas que operan las instalaciones como desde los aspectos ambientales ligados a los mismos.

En pocos casos, los materiales empleados eran los adecuados para el normal funcionamiento de los biodigestores.

Gráfico 18: Tecnologías en los sectores público y privado

Fuente: Elaborado por los autores

3.3.3 Equipos importados

Se pudo observar una escasa participación de componentes importados en el sector. Solo el 6,3% de las plantas relevadas cuenta con una alta participación de equipos o equipamientos importados, mientras que un 59,4% no cuenta con ninguno (Cuadro 9).

Comparando los dos sectores más importantes (público y privado), se observa un comportamiento diferenciado entre ambos. Mientras que, en el sector privado, la alta participación de equipos importados alcanza a un 12% de las ins-

talaciones; en el sector público, el 79% de las instalaciones está dentro de las que directamente no posee equipos o equipamientos importados (Gráfico 20). Esta composición es atribuida a las características de las plantas dentro del sector público, distribuidas principalmente entre reactores de mezcla completa (y sus variaciones) y los de tipo flujo pistón con baja eficiencias, control y automatización.

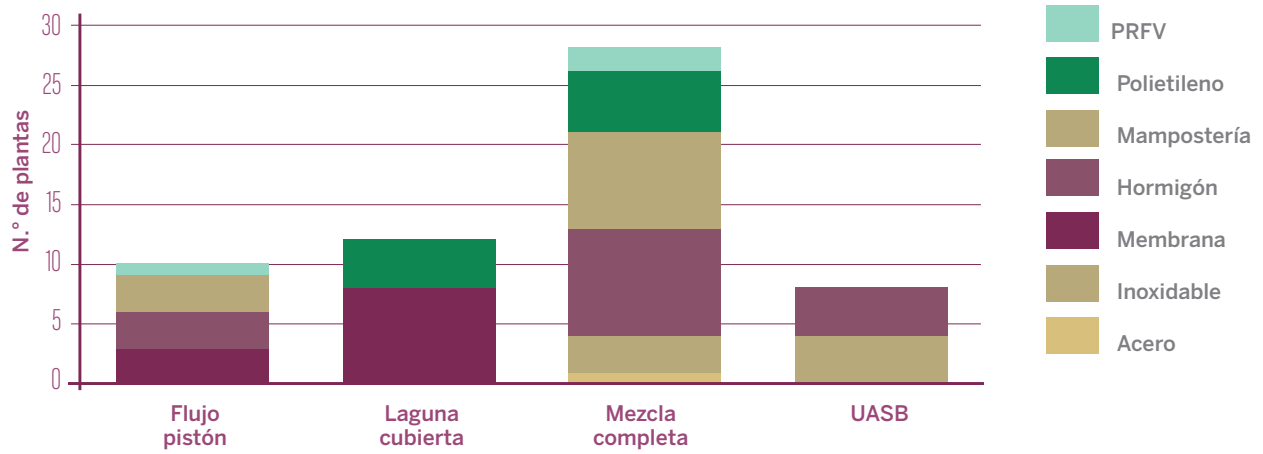
Los equipos importados más relevantes implementados en las plantas de biogás, se detallan en el Cuadro 10.

Cuadro 9: Participación de equipos/equipamientos importados en las plantas de biogás en Argentina

Participación en la planta de biogás	Porcentaje (%)
Alta	6,3
Media/Baja	34,4
No posee	59,4

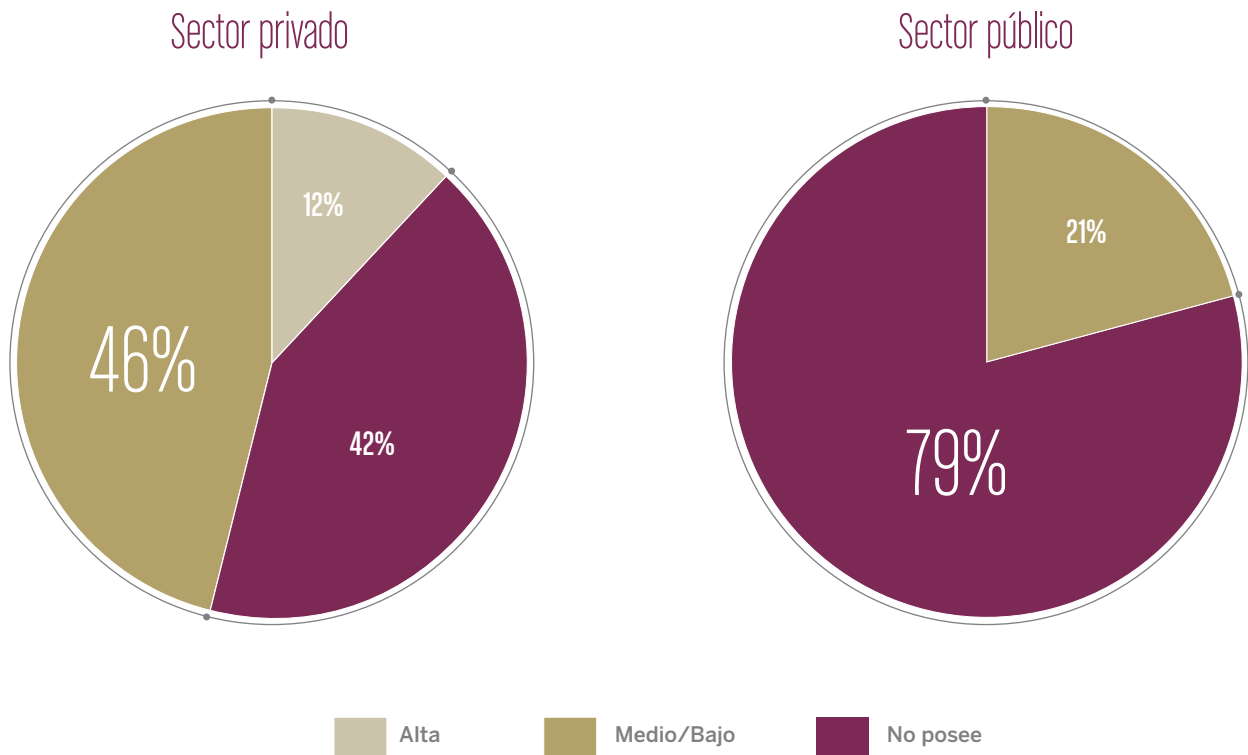
Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 19: Materiales usados en los reactores relevados en el proyecto



Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 20: Comparación de participación de equipos/equipamientos importados en los sectores privado y público



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 10: Elementos importados instalados en plantas de biogás en Argentina

Sistema de quema de biogás (antorcha)
Electromecánicos
Membrana
Moto-generadores
Bomba y sopladores
Instrumentos de medición y automatización
Sensores
Sistema de purificación de biogás
Válvulas
Agitadores

Fuente: Elaborado por los autores

3.4 Características operativas

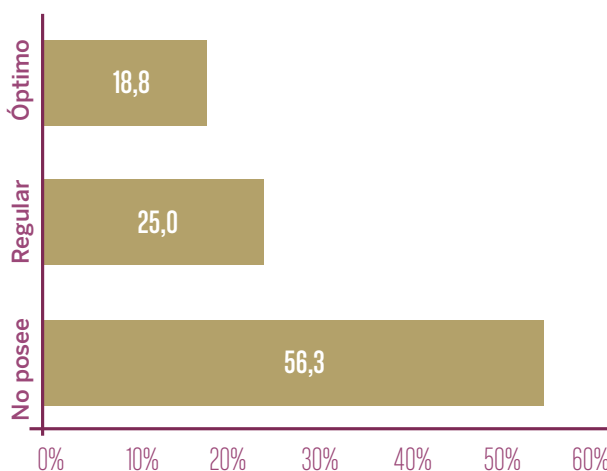
3.4.1 Temperatura del proceso

Un punto a destacar del relevamiento fue la cantidad de biodigestores sin sistema de calefacción y aislación; al no estar calefaccionados no pueden tener control de la temperatura de operación. Además, muchos de los sistemas que cuentan con calefacción, no reúnen las condiciones necesarias para asegurar los parámetros de operación establecidos en las especificaciones de proceso.

La aislación térmica de los reactores es un punto crítico al considerar la variación térmica diaria y a lo largo del año, en el territorio. Generalmente, no se cuantifican los costos atribuidos a la disipación térmica por falta de aislación, ni la baja productividad por la falta de estabilidad térmica del proceso.

Esta tendencia muestra una subutilización de las capacidades de las instalaciones ya que no se trabaja en el punto óptimo de actividad biológica (mesofílico 38 °C y termofílico 55 °C), dejando en evidencia el enfoque no energético de los reactores biológicos.

En el Gráfico 21, se detalla la composición de control de la temperatura en las plantas relevadas.

Gráfico 21: Control de la temperatura de las plantas relevadas en el país

Fuente: Elaborado por los autores

Como se observa el 56,3% no posee un sistema de control del estado térmico del sistema, esto corresponde a un punto de mejora para la optimización de los procesos.

3.4.2 Tipo de flujo

Respecto al flujo de alimentación de las plantas, el 90% presenta la condición de flujo continuo o intermitente y solo el 10% restante opera en condiciones *batch*, principalmente en plantas de pequeña escala.

3.4.3 Sistemas de agitación

Para los biodigestores de mezcla completa, una de las condiciones más importantes es el sistema de homogenización. Como se observa en el Cuadro 11, el 48,3% de los biodigestores tienen un sistema deficitario de agitación o directamente no posee, lo cual influye de forma directa en su eficiencia e incrementa los inconvenientes operativos (sedimentación o flotación del sustrato).

La falta de buenos sistemas de agitación tiene como efectos:

- Mala distribución de los sustratos.
- Inconvenientes de sedimentación y flotación, dependiendo de la característica de la alimentación.
- Estratificación térmica.
- Subaprovechamiento de la capacidad del reactor.
- Necesidad de acondicionamiento de la alimentación en detrimento de la posibilidad de generación de biogás.

Cuadro 11: Tipo de agitación en los sistemas de mezcla completa

Etiquetas de fila	No posee	Deficitario	Óptimo
Mezcla completa	41,4%	6,8%	51,7%

Fuente: Elaborado por los autores

Por otro lado, esta condición también se aplica a los reactores de tipo laguna cubierta que no tienen agitación, aspecto que se puede transformar en una oportunidad de mejora al planificar la adición de un sistema de agitación.

3.4.4 Automatización y control del proceso

Más del 38% de las instalaciones relevadas posee un sistema de control deficitario y el 41,9%, directamente no lo tiene (Cuadro 12). Es decir que, aproximadamente, el 80% de las instalaciones relevadas necesita mejorar su sistema de automatización y control del proceso.

Las deficiencias en el control del proceso se atribuyen principalmente a la falta de metodología de control, falta de registros de variables, falta de medición de parámetros importantes, desconocimiento de aspectos técnicos del proceso anaeróbico, elementos rudimentarios de medición, entre otros.

3.4.5 Tipos de sustratos

En el Cuadro 13, se detallan los sustratos utilizados con mayor frecuencia para la alimentación de los biodigestores instalados en la República Argentina, los cuales fueron clasificados en cinco grandes grupos: residuos agrícolas, residuos de ganadería, residuos industriales, residuos urbanos y biomasa virgen. Los más utilizados son los residuos procedentes de la industria, seguidos en orden de importancia por los residuos sólidos urbanos y los de ganadería con prácticamente el mismo porcentaje ambos. Notoriamente, menos importantes son los residuos agrícolas (Gráfico 22).

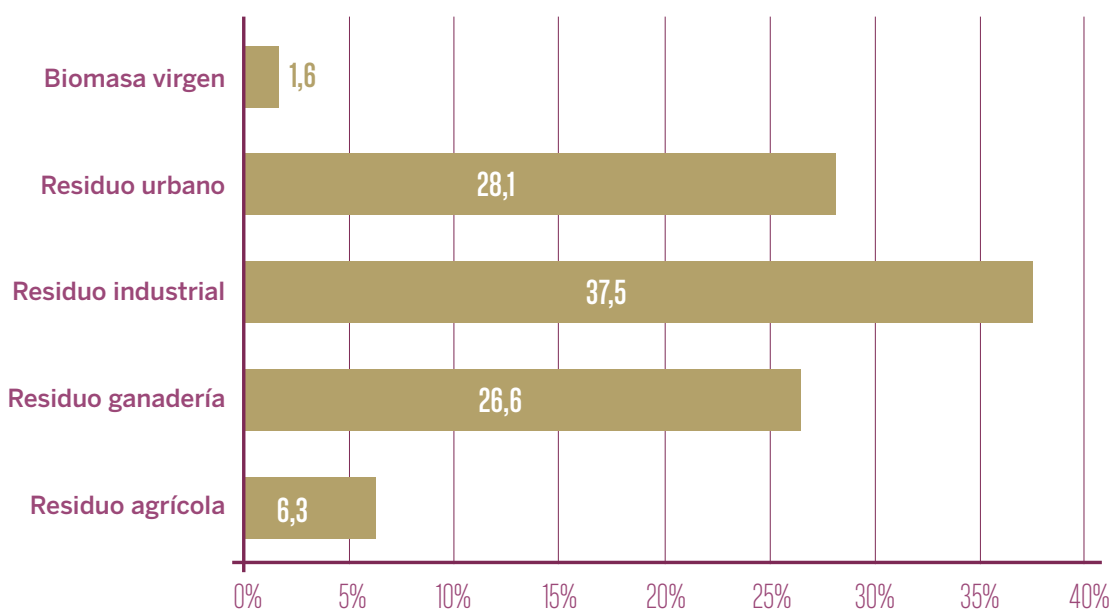
Cuando se analiza la procedencia de la alimentación, se observa que las tres cuartas partes son

Cuadro 12: Automatización de las plantas de biogás relevadas

Clasificación	Valor
Óptimo	19,4%
Deficitario	38,7%
No posee	41,9%

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 22: Clasificación y nivel de utilización de los diferentes sustratos en las plantas de biodigestión anaeróbica relevadas



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 13: Sustratos utilizados para alimentar los biodigestores

Residuos industriales	Residuos urbanos	Residuos de ganadería
Efluentes citrícolas	FORSU	Efluentes avícolas
Efluentes de cervcerías	Barro cloacal	Estiércol de caballo
Efluentes frigoríficos	Efluentes cloacales	Estiércol vacuno
Efluentes industria del papel		Purin de cerdo
Efluentes industria láctea		Efluentes de tambos vacunos
Efluentes producción de levaduras	Residuos agrícolas	Mezcla de estiércol
Efluentes producción de yerba mate	Desechos de molienda	
Glicerina	Maíz ensilado	
Residuos producción de mandioca	Residuos frutihortícolas	
Suero de quesería		
Vinaza		

Fuente: Elaborado por los autores

de origen interno, es decir que provienen del propio sistema de producción (generalmente desecho), y la planta de biogás cumple la función de sistema de tratamiento (Gráfico 23).

Un 23,4% de los sustratos de las plantas de biogás relevadas proviene de fuentes externas sin costo para el o los propietarios del sistema de biodigestión anaeróbica. En este caso, los sustratos son producidos fuera de la planta de biodigestión por otros sistemas productivos.

En ninguno de los casos relevados, el o los propietarios de los biodigestores compran sustratos de forma parcial o total para la alimentación (origen externo del sustrato con costo).

También se advierte un bajo porcentaje en la integración de sistemas productivos (generación interna y/o externa), solo un 1,6% aprovecha biomasa en forma combinada.

3.4.6 Preparación de la alimentación

En cuanto a la preparación y acondicionamiento de la alimentación, previa al ingreso en la planta

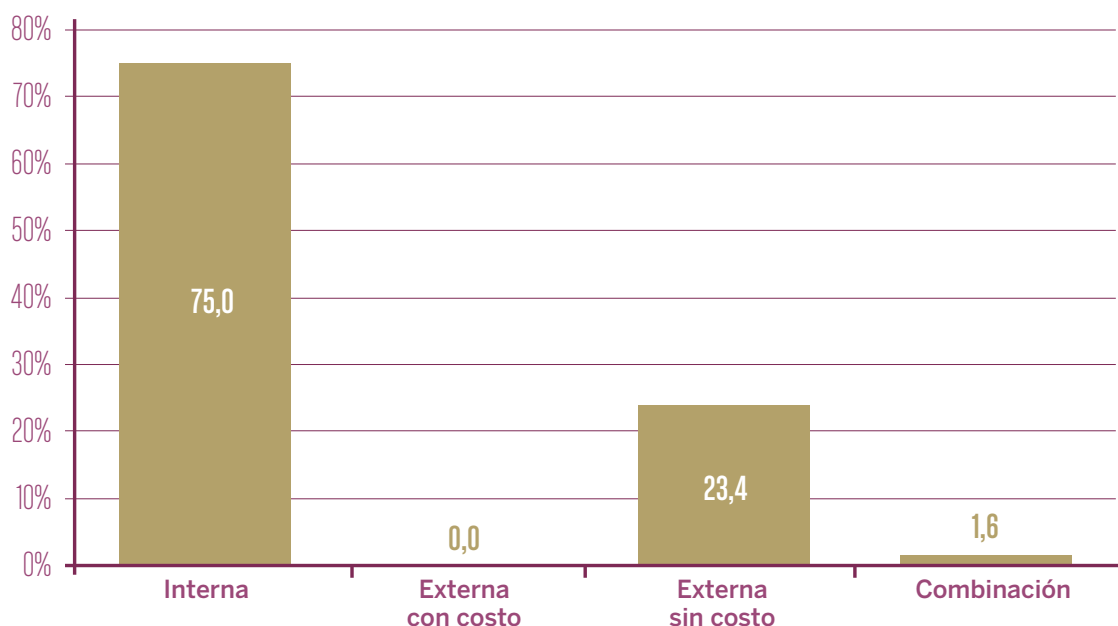
de biodigestión anaeróbica, más del 40% de las instalaciones cuenta con un buen acondicionamiento de los sustratos (Gráfico 24), en función de las características tecnológicas del reactor de biodigestión.

En contraposición, el 60% restante se divide entre plantas que no realizan una preparación de los sustratos, o bien si integran una etapa de preparación presentan inconsistencias de acuerdo a lo que requiere el sistema. Este es un aspecto importante ya que la producción de biogás y el rendimiento de la planta, está ligado de forma directa con las condiciones de la alimentación.

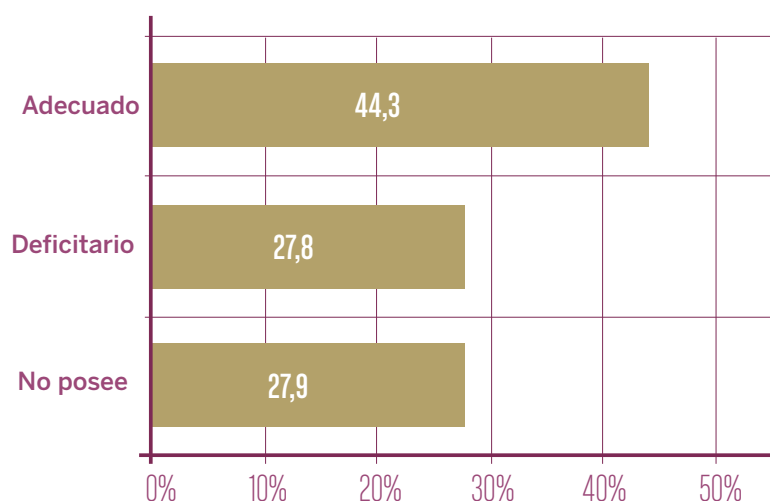
3.5 Características energéticas

Al analizar la utilización del biogás como fuente de energía, se encuentra un dato sobresaliente: el 42,6% de las plantas relevadas no emplea el biogás como fuente energética para sus procesos productivos (Gráfico 25). Esta situación se contrapone con el contexto actual de crisis energética, que también impacta sobre la industria.

Gráfico 23: Origen de la biomasa empleada en los biodigestores



Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 24: Preparación de la alimentación

Fuente: Elaborado por los autores

El 44,3% del biogás que se aprovecha, se usa con fines térmicos y solo el 12% restante se aplica para algún aprovechamiento eléctrico.

Estos números son muy diferentes cuando se divide al universo del relevamiento entre público y privado (Gráfico 26).

Como se puede observar, el 50% de las plantas relevadas del sector privado no utiliza el biogás como energía para el sistema productivo. Este hecho es uno de los más importantes para mejorar el balance energético de los procesos internos y motivar el mejoramiento del desempeño específico de la planta de biodigestión.

En el Cuadro 14 se detalla el porcentaje de plantas que cubren alguna parte de su propia demanda de energía¹³. Este cuadro expresa el porcentaje de energía (parcial o total) que cada biodigestor apor-

ta para abastecer la demanda del sistema productivo. De allí se refleja que, tanto en el sector público como privado, el grado de cobertura parcial (superior al 85%) y total (mayor al 11%) es aproximadamente igual en ambos casos.

Del total de plantas de biogás relevadas, menos del 5% vende la energía que genera, y las que lo realizan lo hacen bajo la forma de energía eléctrica (Cuadro 15).

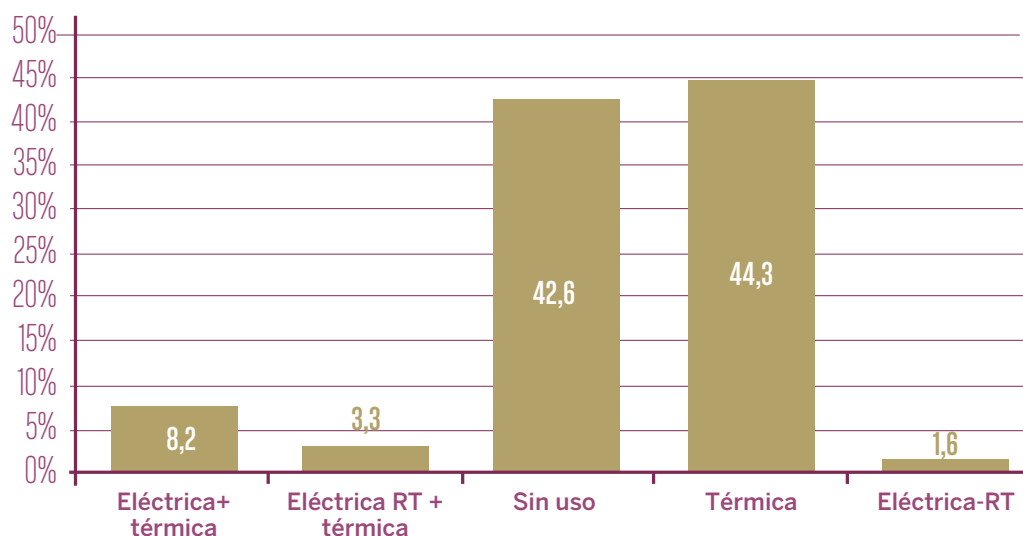
3.5.1 Calidad del biogás

El 70% de las plantas visitadas desconoce la calidad o composición del biogás generado, lo que indica el estado de avance de la tecnología en el país (Gráfico 27) y el uso energético del mismo.

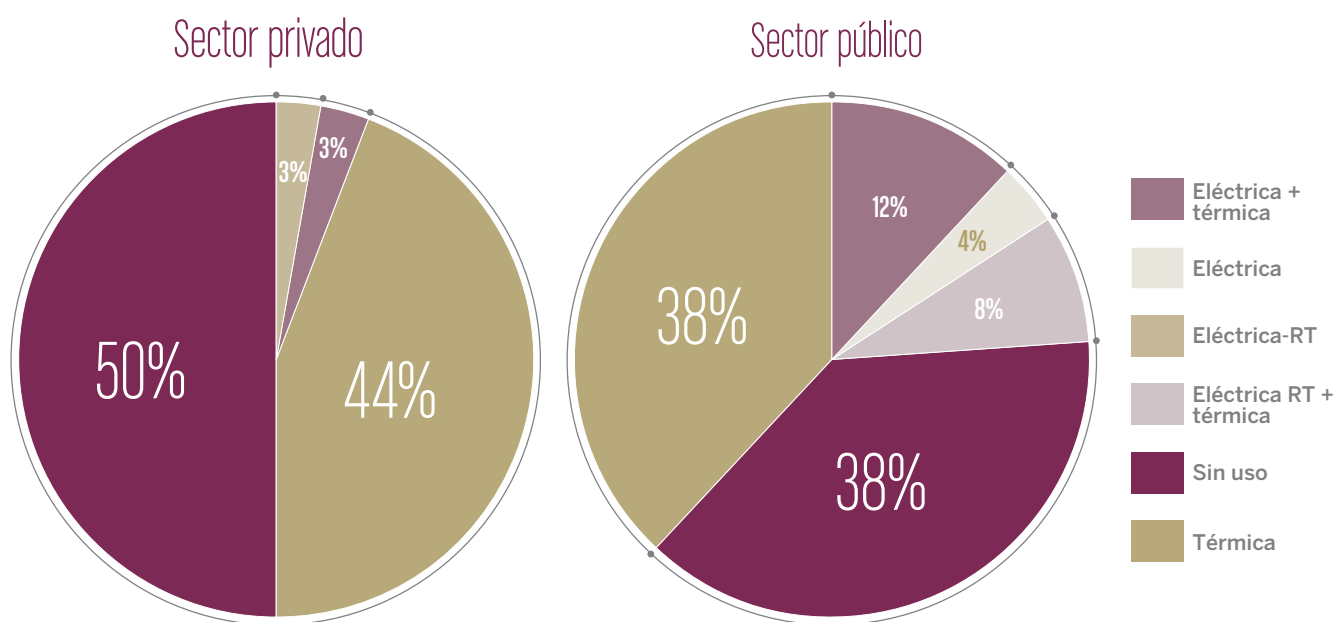
Los sistemas de purificación implementados se relacionan directamente con la calidad del biogás. En el Cuadro 16, se discrimina la calidad de la purificación del biogás.

El 61,3% de las plantas relevadas no posee un sistema de purificación del biogás, mientras que

¹³ Se entiende o define como la energía necesaria para la planta de biogás y la energía demandada por la planta de producción acoplada (si esta última está presente).

Gráfico 25: Utilización del biogás


Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 26: Comparación de la distribución del uso del biogás entre los sectores privado y público

Referencias:
Sin uso: quema o venteo de biogás.

Térmica: producción solo de energía térmica.

Eléctrica + térmica: producción de energía eléctrica y térmica (energía eléctrica sin recuperación de energía térmica).

Eléctrica RT: producción de energía eléctrica con recuperación de energía térmica.

Eléctrica RT + térmica: producción de energía eléctrica con recuperación de energía térmica del motor de combustión, más producción de energía térmica.

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 14: Cantidad de plantas de biogás que cubren la demanda energética del sistema productivo

Tipo de planta	Cobertura (%)	Total de plantas (%)
ONG	100,0	0,0
Particular	100,0	0,0
Privada	88,2	11,8
Pública	85,7	14,3

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 15: Distribución de la venta de energía

Vende energía	Valor (%)
No	95,2
Si	4,8

Fuente: Elaborado por los autores

un 16,1% cuenta con un buen sistema de purificación. Esto indica inconvenientes en el estado en el que se encuentran los componentes/equipos en contacto con el gas y los problemas de mantenimiento de las plantas.

El estado de situación respecto del conocimiento de la composición del biogás implica un riesgo para la salud de los operadores (principalmente por la presencia de H_2S y CO_2)¹⁴ y, al mismo tiempo, condiciones inseguras para toda la instalación ligadas a riesgos de incendio y explosión (combinación de aire y CH_4).

3.6 Características de los subproductos

Respecto del sistema de adecuación de los efluentes líquidos y sólidos generados por el proceso de biodigestión anaeróbica (a la salida de los biodigestores), solo el 40% de las plantas relevadas no dispone de ningún tipo de tratamiento para ellos.

De las plantas que disponen de sistemas de tratamiento, el 21% no reúne las condiciones óptimas de tratamiento o acondicionamiento, mientras que el 39% restante cuenta con un apropiado sistema para adecuar los subproductos de los biodigestores a las condiciones de disposición o uso (Gráfico 28).

Las plantas de biodigestión anaeróbica que cuentan con etapas de acondicionamiento de los subproductos generalmente separan la fase líquida de la sólida para su posterior uso y valorización. De la información relevada, solo un 35,6% del total de las plantas valoriza los efluentes líquidos utilizándolos con fines productivos, mientras que para los subproductos sólidos, este porcentaje alcanza el 46% (Gráfico 29).

Las plantas de biodigestión anaeróbica que cuentan con etapas de acondicionamiento de los subproductos generalmente separan la fase líquida de la sólida para su posterior uso y valorización. De la información relevada, solo un 35,6% del total de las plantas valoriza los efluentes líquidos utilizándolos con fines productivos, mientras que para los subproductos sólidos, este porcentaje alcanza el 46% (Gráfico 29).

3.7 Proveedores

En el Cuadro 17, se mencionan proveedores nacionales que realizan todas o algunas de las siguientes actividades:

¹⁴ Una referencia sobre toxicidad y valores límite del sulfuro de hidrógeno y otros elementos se puede consultar en el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/>

- Diseño y construcción de plantas de biogás.
- Construcción e instalación de equipos o partes componentes.
- Servicio de asistencia para estas plantas.

En el Cuadro 18, se detallan los proveedores internacionales de equipos o equipamientos de las plantas de biogás relevadas.

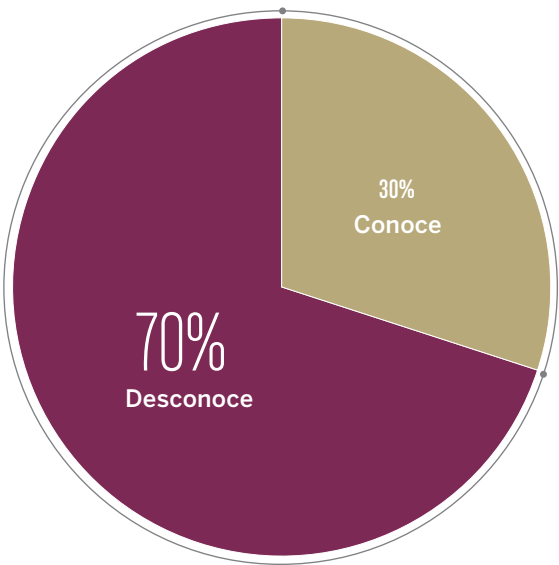
En cuanto a las empresas que construyeron las plantas de biogás relevadas, la distribución es la siguiente: el 46,9% corresponde a empresas

nacionales, el 23,4% a empresas constructoras internacionales y el 29,7% restante a construcciones propias por parte del propietario (Gráfico 30). Es preciso mencionar que la construcción de plantas de biodigestión anaeróbica realizada por parte de empresas nacionales, no significa que éstas no contengan equipamientos importados.

En el Cuadro 19, se describe la calificación que realizaron los encuestados en relación al proveedor de la tecnología.

En el Gráfico 31 se presenta cómo los entrevistados durante el relevamiento calificaron a los pro-

Gráfico 27: Conocimiento de la composición del biogás



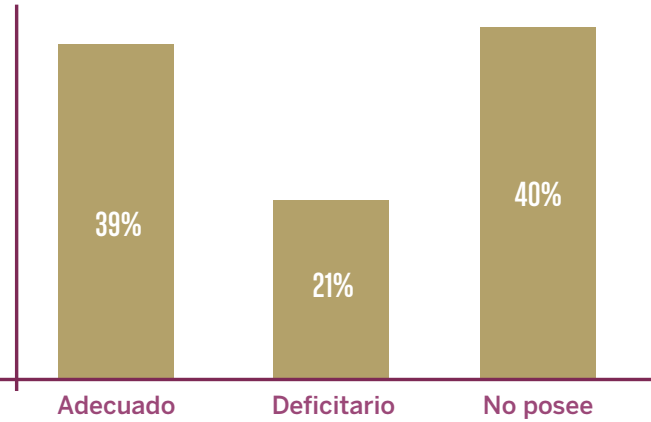
Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 16: Calidad en la purificación del biogás

Calidad de purificación	Porcentaje (%)
Adecuado	16,1
Deficitario	22,6
No posee	61,3

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 28: Nivel del tratamiento de los efluentes de biodigestión



Fuente: Elaborado por los autores

veedores, discriminados estos en internacionales y nacionales. El servicio que prestan las empresas nacionales fue considerado bueno o muy bueno en el 82,7% de los casos, mientras que este valor disminuye al 60,0% respecto de los proveedores internacionales.

Un servicio de calidad regular fue brindado por el 33,3% de los proveedores internacionales, mientras que entre los nacionales esta calificación solo alcanzó al 13,8%.

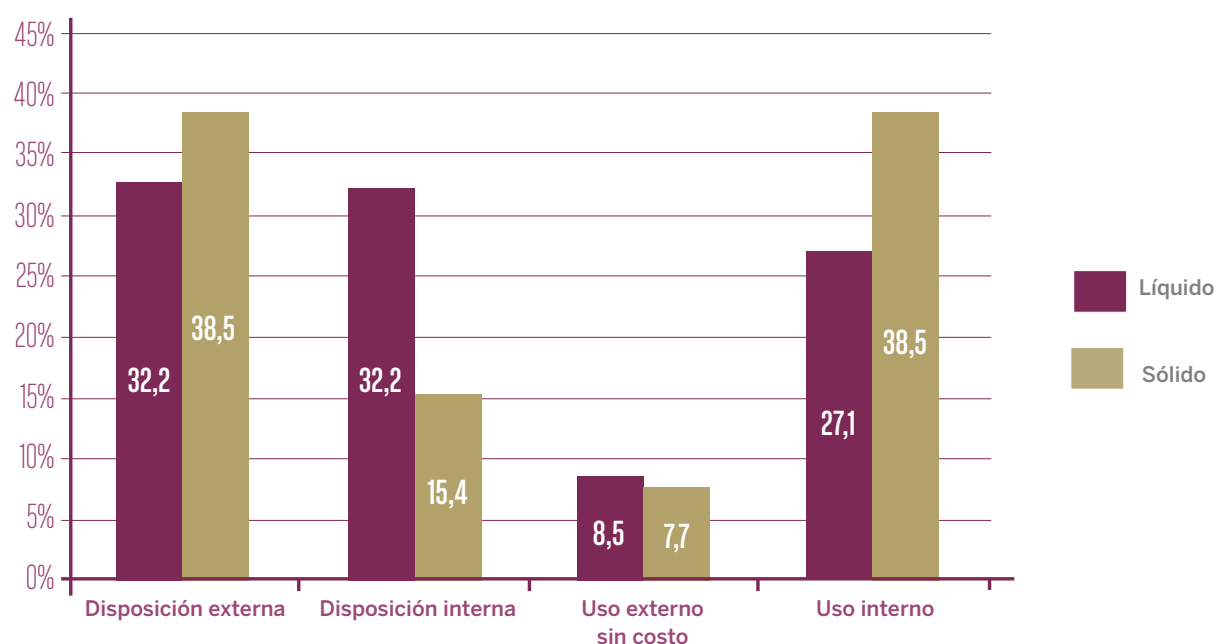
Es importante aclarar que, en el Gráfico 29, la cantidad de empresas constructoras nacionales

evaluadas es prácticamente el doble de la cantidad de empresas internacionales; mientras que, en el Gráfico 30, solo se mencionan porcentajes en base a la cantidad de proveedores relevados.

Dentro de las observaciones encontradas, las principales causas de disconformidad corresponden a:

- Falta de conocimiento de las empresas constructoras.
- Falta de adecuación de las instalaciones a las condiciones regionales.

Gráfico 29: Valorización de los subproductos



Referencias

Disposición externa: disposición final fuera del perímetro de la planta.

Disposición interna: disposición de los subproductos dentro del predio de producción.

Uso externo sin costo: uso de los subproductos en emprendimientos fuera del sistema de producción del biogás (sin costo).

Uso interno: utilización de los subproductos dentro del sistema de producción de biogás o de manufactura acoplado.

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 17: Proveedores de tecnología de biogás en Argentina

Empresa	Rubro
Biogás Argentina	Plantas
MT Energía Argentina	Plantas
Tecnored Consultores	Plantas
GENING - Biogás Argentino	Plantas
EG Ingeniería	Plantas
ECOPRENEUR	Plantas
Grupo IFES	Plantas
DEISA	Plantas
Biometano del Sur	Plantas
Meyco	Plantas
Carbox	Plantas
IBS	Plantas
Bioeléctrica	Servicios energéticos
SECCO Argentina	Grupos electrógenos
Palmero	Grupos electrógenos
Laboratorio BIOAGRONORT SRL	Biodigestores domiciliarios
Teilan	Equipos domiciliarios
SOLAMB	Plantas

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 18: Proveedores internacionales

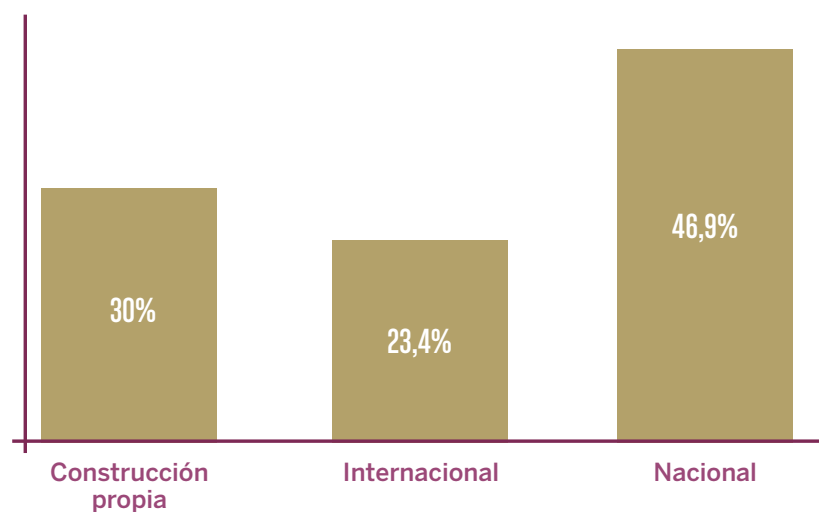
País	Empresa
Estados Unidos	Caterpillar
Bélgica	Aquacorp
Bélgica	Emprotech
Nueva Zelanda	Waste Solution
Brasil	Uniao
Canadá	ADI BVF System

Fuente: Elaborado por los autores

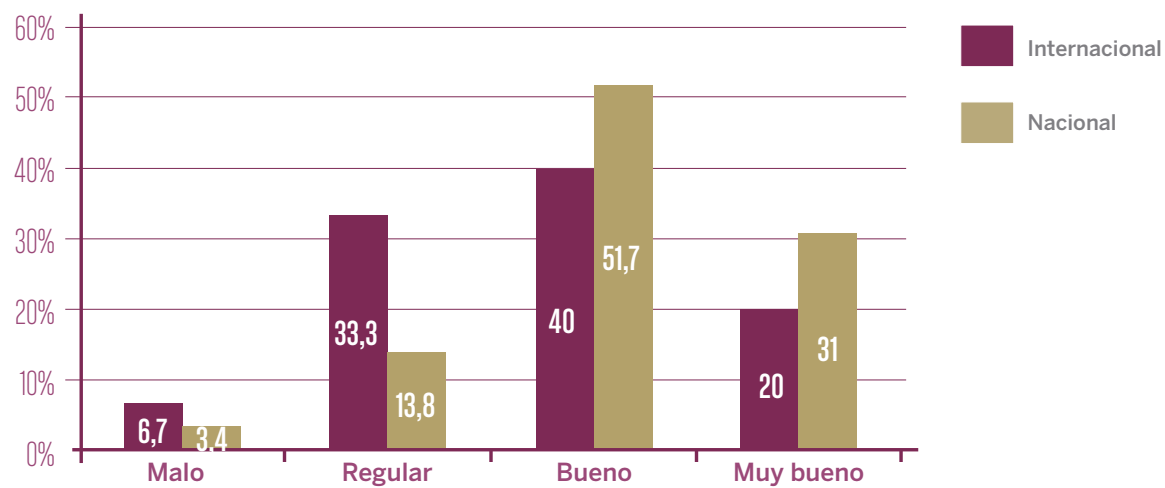
Cuadro 19: Calificación de los proveedores

Calificación	Valor (%)
Muy Bueno	22,6
Bueno	49,1
Regular	20,8
Malo	7,5

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 30: Tipos de proveedores

Fuente: Elaborado por los autores

Gráfico 31: Calificación de los proveedores según procedencia

Fuente: Elaborado por los autores

Conclusiones

A continuación se presentan algunas de las conclusiones más sobresalientes que surgen del *Relevamiento nacional de biodigestores*, realizado durante el año 2015 en la República Argentina.

• Aprovechamiento de la energía del biogás

Solo un 4% del total de las plantas de biogás relevadas en la Argentina atribuye su instalación a fines energéticos, es decir, plantas cuyo objetivo principal es de índole energética. Este valor asciende al 6% cuando se trata del sector privado. Tal situación se traduce en una baja tasa de utilización del biogás como fuente de energía renovable; poca importancia otorgada al rendimiento de las instalaciones (de lo que se obtiene como contrapartida plantas subaprovechadas), y dificultad para la comercialización de esta energía renovable, tanto desde el punto de vista de los costos como de la gestión administrativa.

De esto se desprende la importancia y la necesidad de vinculación entre las empresas y los organismos e instituciones técnicas y científicas del país, en pos de mejorar las condiciones de producción de la energía renovable y la eficiencia de las plantas de biodigestión anaeróbica. Del mismo modo, se advierte la necesidad de aunar esfuerzos para concretar la normalización en referencia a la comercialización de la energía renovable, la conexión al sistema interconectado de energía eléctrica, entre otras cosas.

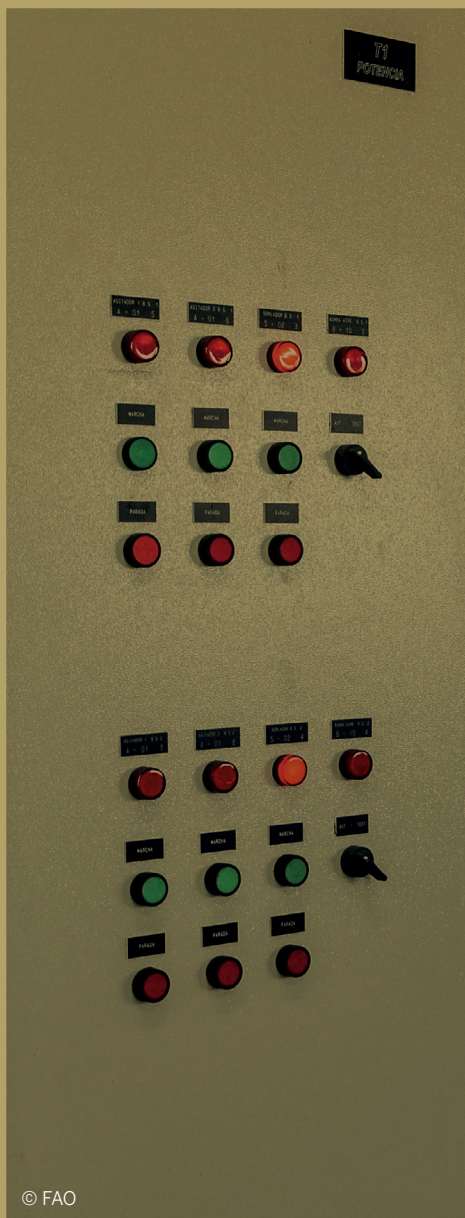
• Aspectos técnicos

Se pudo constatar *in situ* la existencia de falencias técnicas en: la construcción, los materiales utilizados, la seguridad y la operación de las instalaciones; en la formación de personal calificado para el manejo de la planta; en el aprovechamiento energético; en la utilización de equipamientos y controles; en la caracterización del biogás y del fertilizante orgánico generado; en los usos y aplicaciones de los mismos, y otras.

En gran medida esto se vincula al tamaño de los biodigestores, aproximadamente el 50% de las plantas corresponde a pequeñas instalaciones. Cuando este análisis se enfoca en el sector público, la mayoría de las plantas son gestionadas por municipios (cuyo sustrato es la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, FORSU), demandando una asistencia técnica directa para optimizar su funcionamiento y operación.

• Tecnologías utilizadas

Las tecnologías más aplicadas en biodigestores corresponden, en un 65%, a los tipos de mezcla completa y de laguna cubierta. Con respecto a esta última, en general, se observa que no reúne las condiciones necesarias para operar en forma óptima, principalmente por la falta de control del estado térmico y la homogenización del biodigestor, lo cual se traduce en la baja eficiencia de la planta.



- **Instalaciones**

Existen muchas instalaciones que operan de manera totalmente rudimentaria (la toma de decisiones se da por aspectos visuales y experiencia) y están ávidas de asesoramiento y asistencia técnica.

- **Medidas de seguridad**

Salvo excepciones, las plantas de biodigestión anaeróbica no presentan medidas de seguridad adecuadas al tipo de proceso. Este punto es fundamental para desarrollar de forma segura la tecnología en el país y representa un punto crítico de mejora para dichas plantas.

- **Utilización de los subproductos de la biodigestión**

Al analizar los aspectos positivos en el uso de la biodigestión anaeróbica, la utilización de los subproductos (como fertilizante orgánico) no se encuentra aún desarrollada en el país; ejemplo de ello es que solo un 36,5% de las instalaciones utilizan el subproducto líquido con alguna finalidad. Esto se debe a múltiples factores, principalmente, la falta de claridad en las reglamentaciones para su aplicación, hecho que impacta directamente en el flujo de fondos de los proyectos en detrimento de la factibilidad de los mismos; y, a la vez, otorga un singular potencial a la tecnología de la biodigestión anaeróbica, a la luz de la creciente necesidad de fertilizantes en la agricultura y la disminución de la disponibilidad de los fertilizantes minerales.

- **Conocimiento de los usuarios del biogás**

Por parte de los usuarios, existen falencias de conocimiento específico sobre la tecnología de biogás, que se transforma en expectativas no cumplidas y objetivos poco alcanzables en las condiciones donde se desarrollan los proyectos. Adicionalmente, se observa un gran desconocimiento en el manejo técnico y profesional de las instalaciones de las plantas de biogás.

- **Adaptación de las tecnologías a condiciones regionales**

Se evidencia (principalmente en proveedores internacionales) transferencia de modelos tecnológicos no adaptados a las condiciones regionales específicas, dando lugar a la instalación de plantas que funcionan deficitariamente o con gastos operativos mayores.

- **Cuestiones de escala**

La escala económica no se evidenció como un factor de sustentabilidad de los proyectos por parte de los usuarios, por lo que se hace necesaria la sinergia entre sistemas productivos para transformar en viables las oportunidades de crecimiento.

- **Casos no exitosos**

Los casos no exitosos han sido causados, fundamentalmente, por la falta total de conocimiento por parte del usuario y por tecnologías no aplicables a las condiciones climáticas y geográficas de donde se ubica la planta. Las fallas tecnológicas se dan, principalmente, por el uso de materiales usados y falencias en el aseguramiento de la temperatura de proceso y el acondicionamiento de la alimentación.

Bibliografía

ANSI/CSA. 2015. *Code for digester gas, landfill gas, and biogas generation and utilization, B149.6.*

Deublein, D. y A. Steinhauser. 2008. *Biogas from waste and renewable Resources.* Weinheim (Alemania). Wiley-VCH.

Díaz-Báez, M.C., S. Espitia Vargas y F. Molina Pérez. 2002. *Digestión Anaeróbica.* Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.

GIZ – BMZ. 2010. *Guía sobre el biogás. Desde la producción hasta el uso* (5ª edición). Gülzow (Alemania). FNR.

Instituto Geográfico Nacional. *Capas SIG* (disponible en: <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>).

Lehtomäki, L. 2006. *Biogas production from energy crops and crop residues.* Jyväskylä (Finlandia), University of Jyväskylä.

Norma VDI – 4630. 2006. *Fermentation of organic materials. Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests.* Alemania.

PROBIOGAS. 2015. *Tecnología de digestión anaeróbica con relevancia para Brasil. Sustratos, digestores y usos del biogás* (1ª edición). Brasilia.

PROBIOGAS. 2015. *El estado del arte de la tecnología de metanización seca* (1ª edición). Brasilia.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México. 2013. *Especificaciones técnicas para digestores pequeños tipo lagunas.* Ciudad de México.

Anexo I

Planilla de toma de datos (Encuesta)

1-DATOS DEL ENCUESTADOR

Institución: INTI/INTA Centro/Estación Experimental:.....*Ambiente, Mendoza, etc.*.....
Nombre y apellido:..... E-mail:.....
Teléfono:..... Interno:.....
Fecha:...../...../.....

2-DATOS DEL ENTREVISTADO

Nombre y apellido:..... E-mail:.....
Cargo/Función:..... Teléfono:.....

3-EMPRESA/ORGANIZACIÓN/PRODUCTOR

Nombre de la empresa/organización:..... Tipo: *Pública, privada, otro (cual).*
Dirección:..... Localidad:.....
Provincia:..... Ubicación GPS:SO
Descripción de localización:.....*Parque industrial, urbano, rural, otro.*
Actividad principal:.....*Describir las actividades que realiza la empresa, etc.*
.....

4-INICIO DE LAS ACTIVIDADES DE BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA

Fecha de inicio de la construcción:...../...../..... Fecha de funcionamiento:...../...../.....
Por qué se instala el biodigestor? *Tratamiento, nuevo negocio, necesidad energética, presión pública, otro (cual).*
.....
Tuvo asesoramiento técnico: *Universidad, INTA, INTI, consultor nacional, consultor internacional, ninguno, otro (cual).*
Cómo lo califica: *Muy Bueno/ Bueno/ Regular/ Malo/ No sabe*
¿En qué etapa del proyecto?*Diseño, construcción, puesta en marcha, durante la operación, etc.*.....
Empresa proveedora de las instalaciones:.....*Nacional, internacional, local, otro (cual)*.....
Nombre de empresa/s proveedora/s:.....*Llenar*.....
Cómo la califica:..... *Muy Bueno/ Bueno/ Regular/ Malo/ No sabe*.....
Pudo seleccionar tipos de tecnologías:.....*Si, No*.....
¿Entre cuántas?.....*Una, dos, etc.*..... ¿Cuáles?.....*Mencionar*.....
.....*Continuación tipos de tecnologías*.....
Tecnología empleada:*Seleccionar*..... Procedencia: *Nacional/ internacional*
Vida útil de las instalaciones (años):.....
La planta cuenta con elementos importados:.....*Si, No*.....
¿Cuáles?.....*Describir*.....
.....*Describir*.....
Material inoculante:.....*Estiércol de cerdo, vaca, otro (cual)*.....
Describe cómo es la puesta en funcionamiento:*Procedimiento, tiempo, etc.*.....

.....*Continuación*.....

.....*Continuación*.....

Mencionar cuáles fueron las dificultades más importantes durante la puesta en funcionamiento y los primeros tiempos de operación:.....

.....*Constructivos, materiales, contrato de venta de energía, autorizaciones, etc*.....

.....*Puesta en funcionamiento, estabilización térmica, etc*.....

.....*Mano de obra calificada, asistencia, análisis, etc*.....

.....

El proyecto cumplió sus expectativas: *Si/ No/ En partes*

¿Por qué?.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Observaciones generales de inicio de actividades:.....*Describir*.....

.....

.....

5-ALIMENTACIÓN

Tipo de sustrato:.....*Desecho industrial, FORSU, agropecuario*..... Procedencia:.....

Tipo de alimentación:*Continua, intermitente, batch*.... Frecuencia:....*Tiempo*....

Sustrato	Cantidad (t/mes)	(%) en la mezcla	ST (%)	SV (%ST)	NH4-N (kg/t ST)	N-total (kg/t ST)	P2O5 (kg/t ST)	K2O (kg/t ST)
TOTAL								

Realiza control de calidad:.....*Sí, No*.....

Parámetros controlados (frecuencia):.....

.....

.....

Tipo de preparación de alimentación:.....*Ninguna, sencilla, compleja*.....

Frecuencia de la alimentación:/día
 Homegenizador calefaccionado:Si, No.... Horno agitado:.....Si, No...
 Posee aislación:....Si, No.... Tamaño:..

 Tiempo de retención en horno...

 Descripción general del proceso de pretratamiento:.....Describir.....
Describir continuación.....
Describir continuación.....

 Se podría mejorar:.....Si, No, No Sabe.....
 ¿Cómo?.....Describir la idea propuesta y por qué no lo lleva a cabo.....
Continuación.....

6-SISTEMA ANAERÓBICO

6.1-Manejo/Operación de biodigestor

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Observaciones ... <i>Explayar las respuestas</i>
Tipo	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Completamente agitado, flujo pistón, sobre nivel, semienterrado, vertical, horizontal, etc</i>
Volumen útil líquido m ³				
Temperatura °C				
Alimentación diaria kg masa fresca				
kg SV/m ³ d				
Agitación	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Agitadores: tipo, cantidad, potencia, etc.</i>
Tipo de agitador				
Potencia (kW)				
Cantidad de agitadores				
Calefacción	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Agitadores: tipo, cantidad, potencia, etc.</i>
Potencia (kW)				
Tipo de calefactor	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	
Aislación térmica				
Tipo de aislación				
TRH días				<i>Porcentaje estimado y componentes que determina. Especificar si cuenta con equipo para determinar la calidad del biogás y metodología utilizada.</i>
Recirculado m ³ /h				
Gasómetro m ³				
Tipo de gasómetro	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección</i>	
Biogás m ³ /día				
CH ₄ %				
CO ₂ %				

Presenta inconvenientes con sedimentación o flotación:.....*Si, No*.....

Explique:.....
.....*¿En qué circunstancias, periodo del año, sustratos, etc.?*.....
.....*¿Qué operaciones realiza para remediarlo?*.....

Qué controles realiza sobre el proceso?.....
.....*pH, conductividad, ST, SV, FOS/TAC, etc.*.....
.....*laboratorio externo, interno, etc.*.....

Tipo de automatización:.....

Observaciones generales del biodigestor (inconvenientes):.....
.....*Detallar los problemas que experimenta en la operación del sistema, por ejemplo*.....
.....*Inconvenientes con bombas, sinfin de alimentación, temperatura de proceso por condiciones ambientales*.....
.....*Inconvenientes con el gasómetro (membranas), purificación del biogás, etc.*.....

6.2-Purificación del biogás

Tipo de purificación del biogás:.....*Selección*.....

Principales características/parámetros:.....	Descripción
.....	
.....	
SH ₂ de entrada (ppm):.....	SH ₂ de salida (ppm):.....
CO ₂ de entrada (%):.....	CO ₂ de salida(%):.....
CH ₄ de entrada (%):.....	CH ₄ de entrada (%):.....
H ₂ de entrada (ppm):.....	H ₂ de salida (ppm):.....

El sistema de purificación cumple con los requerimientos:.....*Si, No*.....

¿Por qué?.....*Desarrollo*.....

Actualmente genera la cantidad de biogás de diseño:*Si, No*...

Causas:.....*Desarrollo*.....

Eficiencia del proceso:.....

Cómo ha evolucionado la eficiencia desde la puesta en marcha?.....*Describir*.....
.....*Continuación*.....
.....*Continuación*.....

7-ENERGÍA/COGENERACIÓN

Se realiza cogeneración eléctrica: <i>Si, No</i> ...	Biogás usado (m ³ /mes):.....
Tipo de motor:.....	
Marca generador:.....	Potencia máxima (kW):.....
EE producida (kWh/mes):.....	Potencia producida (kW):.....
EE producida/biogás (kWh/m ³ mes):.....	Eficiencia eléctrica:.....
Se recupera calor:.....	
Energía térmica recuperada (kWh/mes):.....	Eficiencia térmica:.....
Principales uso de la generación eléctrica:.....	Desarrollar.....
..... <i>Continuación</i>	
Se realiza cogeneración térmica: <i>Si/ No</i> ...	Biogás usado (m ³ /mes):.....
Tipo de caldera:	
Marca de caldera:	Capacidad (kg/día):.....
Características de agua/vapor- Presión:.....	Temperatura:.....
Energía generada (vapor/agua):.....	Eficiencia térmica:.....
Principales uso de la generación térmica:.....	<i>Desarrollar</i>
..... <i>Continuación</i>	
Qué inconvenientes experimenta en la cogeneración de energía:.....	
.....	
..... <i>Materiales, presencia de ácido sulfhídrico, problemas en motores, problemas en calderas, etc</i>	
.....	
.....	
.....	
EE Consumo interno (kWh/mes):.....	EE venta (kWh/mes):.....
ET Consumo interno (kWh/mes):.....	ET venta (kWh/mes):.....
Precio de venta de energía eléctrica (\$ARS)/kW).....	
Precio de venta de energía térmica (\$ARS/kW):.....	
Observaciones respecto a la relación de costos de producción y costos de energía:	
.... <i>Ejemplo: Precio de venta al sistema interconectado a través de la Secretaría de Energía.</i>	
..... <i>Tarifa subsidiada, etc.</i>	
.....	
.....	

8-USO/DISPOSICIÓN DE EFLUENTE

Volumen efluente líquido/sólido generado a la salida del biodigestor (m³):.....

Existe separación de sólidos:.....*Si, No*.....Tipo de separador.....

.....*Detallar sistema de separación: estático, cinta, centrifugo, etc*.....

.....

Caracterización del efluente a la salida del biodigestor:

	Cantidad (Kg)	ST (% masa fresca)	SV (% ST)	NH4-N (kg/m³)	N-total (kg/m³)	P2O5 (kg/m³)	K2O (kg/m³)
Líquido							
Sólido							

Tratamiento de líquidos:.....*Si, No*.....Tipo de tratamiento:....Seleccionar
Comentar el sistema de tratamientos con los parámetros más importantes (TRH en el depósito, temperatura, pH, agitación, aireación, etc.)

Caracterización (salida de tratamiento de líquido):

	Cantidad (Kg)	ST (%)	SV (%)	NH4-N (kg/m³)	N-total (kg/m³)	P2O5 (kg/m³)	K2O (kg/m³)
Líquido							

Uso de líquidos:..... Seleccionar
 Comentar los aspectos más importantes: superficie donde se deposita, cultivo, representa valor, etc.....

Tratamiento de sólidos:.....*Si, No*..... Tipo de tratamiento:..... Seleccionar

Descripción de tratamiento: Desarrollar

..... Desarrollar

..... Desarrollar

Uso de sólidos:.....
 Comentar los aspectos más importantes: superficie donde se deposita, cultivo, se comercializa, etc.....

Observaciones:.....

Por ejemplo, si existe normativa para la gestión de los efluentes, si la aplica, si considera que necesita mejorar el sistema, etc.

..... Marco legal

.....

9-BALANCE/ASPECTO ECONÓMICO

Inversión inicial (\$ARS):..... ¿Contó con financiamiento?.....*Si, No*.....

Tasa de crédito/años:..... ¿Como impactó?.....*Seleccionar*.....

Costos de mantenimiento (\$ARS/año):..... Costos de operación (\$ARS/año):.....

Costo de insumos (\$ARS/año):..... Costo de sustratos (\$ARS/año):.....

Vida útil de la planta (años):

Valoriza el efluente-fertilizante (\$ARS/t):.....

Valoriza el subproducto sólido (\$ARS/t):.....

¿Qué aspectos considera que podrían mejorar la rentabilidad del emprendimiento?

.....

.....

.....

.....

10-ASPECTOS GENERALES

Cantidad de operarios:.....

Asistencia técnica:..... *Comentar si recibe asistencia técnica de universidades, instituciones, etc.....*

Posee laboratorio propio: *Si, No.....*

Estructura del laboratorio:..... *Si cuenta con laboratorio, detallar equipos, personal (calificado o no), infraestructura, etc.....*

.....*Continuación.....*

Nivel de medidas y sistemas de seguridad:.....*Comentar las medidas de seguridad más importantes....*

Descripción:.....

..... *Válvulas de seguridad, antorcha, procedimientos de seguridad, detectores de sulfhídrico, etc. Continuación*

Marco regulatorio de la provincia/región:

.....*Desarrollar.....*

.....*Desarrollar.....*

.....*Desarrollar.....*

11- ASPECTOS RELEVANTES/VINCULACIÓN

.....*En qué aspectos del proceso global considera que puede recibir asistencia por parte del INTI / INTA.....*

.....*Preparación de la alimentación, sistema de biodigestión, purificación del biogás, cogeneración.....*

.....*Tratamientos de efluentes, etc.....*

.....

.....

.....

12-PROYECCIONES

Escribir las proyecciones en cuanto a: ampliación de la producción de biogás, cambio de materias primas, cambio de metodología, equipos.

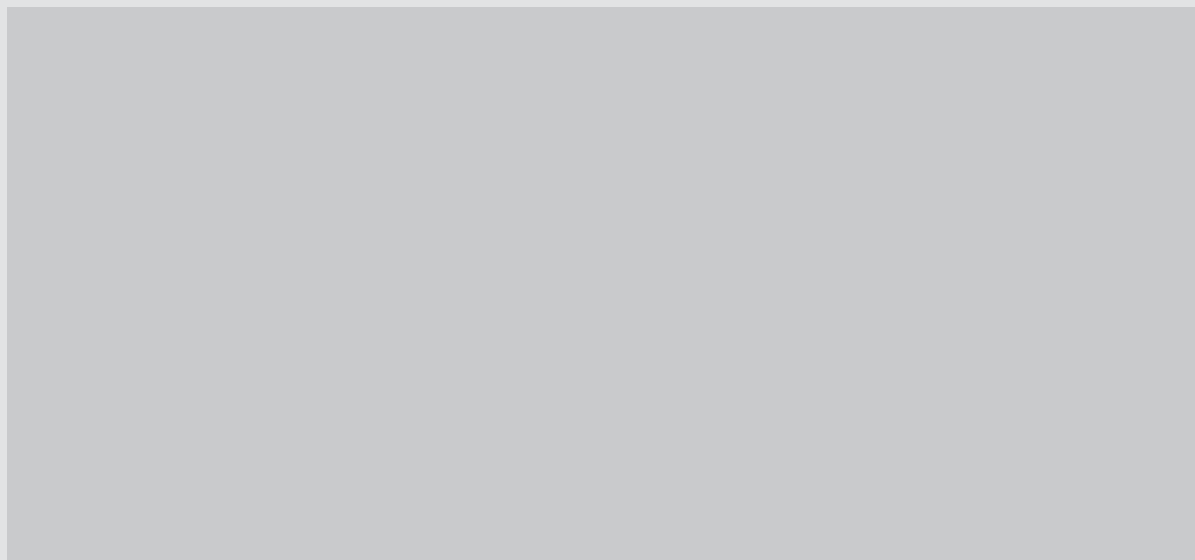
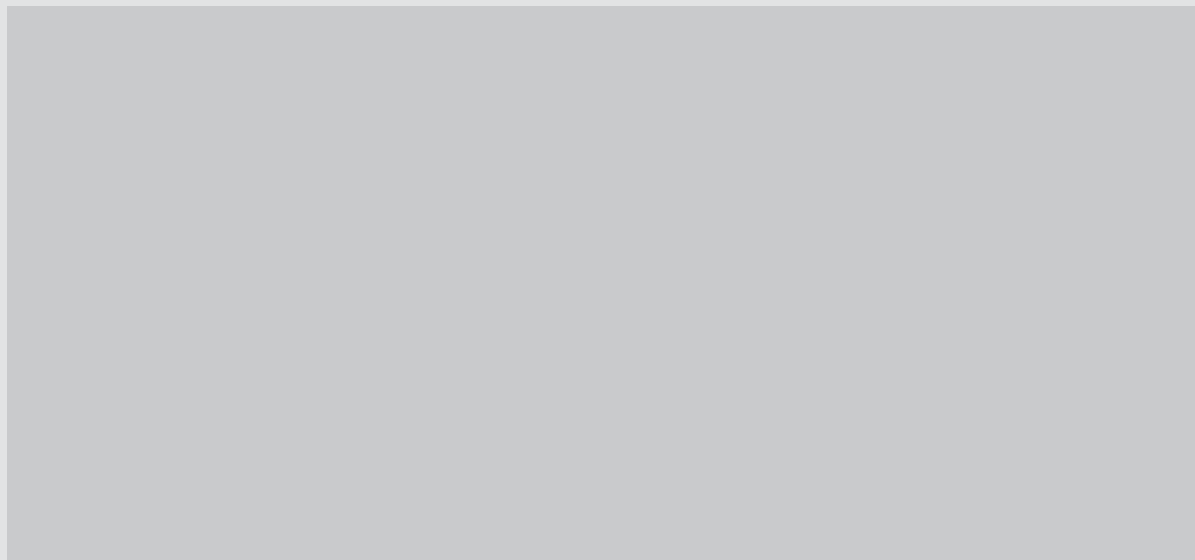
.....

.....

13-ANEXOS

Diagrama de flujo:

.....*Incorporar diagrama de flujo, esquema de la planta, fotografías; detallando los aspectos más importantes de cada etapa, etc.*



Comentarios:.....
.....
.....
.....
.....

14-OBSERVACIONES GENERALES

.....Espacio para comentarios libres del encuestado y encuestador.....

[illegible]

Anexo II **Guía de preguntas**



Etapas inicial, de construcción y puesta en funcionamiento

1. ¿Qué lo llevó a trabajar con este tipo de tecnología?

Por ejemplo: tratamiento de la biomasa, nuevo negocio, necesidad energética, presión pública, otro, ¿cuál?

2. Fechas importantes como: inicio y fin de la construcción, comienzo del funcionamiento, etc.

3. ¿Contó con asesoramiento técnico de institutos públicos o empresas privadas? ¿Cómo lo calificaría?

Por ejemplo: Universidad, INTA, INTI, consultor nacional, consultor internacional, ninguno, otro, ¿cuál?

4. El asesoramiento técnico, ¿en qué etapa/s estuvo involucrado? *Diseño, construcción, puesta en marcha, puesta en funcionamiento, durante la operación, etc.*

5. ¿Pudo elegir entre diferentes tipos de tecnología o le brindaron una única solución final? ¿Cuál? ¿O usted optó por un sistema y tecnología en particular?

6. ¿Qué empresa/s ha/n realizado la construcción? ¿O lo ha hecho en forma particular?

7. ¿Los equipos utilizados son todos de procedencia nacional o internacional? En caso de ser posible, detallar los principales equipos: marca y procedencia.

8. ¿Cómo realizó la inoculación? ¿Con qué material/es ha realizado la inoculación? ¿Cuánto tiempo necesitó para operar en régimen?

9. Mencionar cuáles fueron las dificultades más importantes durante la puesta en funcionamiento y los primeros tiempos de operación. *Constructivos, contrato de venta de energía, automatización, puesta en funcionamiento, estabilización térmica, mano de obra calificada, asistencia, análisis, etc.*

10. ¿Vida útil de las instalaciones?

11. El proyecto cumplió sus expectativas (SI/ NO/ En partes). ¿Por qué?

Etapas de alimentación de la planta de biogás

1. ¿Qué tipo de sustrato utiliza?

Estiércol vacuno, estiércol porcino, forrajes, residuos sólidos orgánicos, etc.

2. ¿Cómo y de dónde adquiere el sustrato?

Generación interna, externa, compra, donación, etc.

3. ¿Cómo es la disponibilidad de los sustratos?

Todos los días, cada "X cantidad" de días, etc.

4. ¿Cómo realiza la alimentación de los sustratos al biodigestor y con qué frecuencia?

Continua, discontinua tipo batch, intermitente.

5. Previamente, ¿ha realizado una caracterización de los sustratos utilizados a fin de conocer el potencial de generación de biogás?
6. ¿Realiza control de calidad de la alimentación?
7. ¿Cuáles son los parámetros que controla y con qué frecuencia lo realiza?
ST, SV, FOS/TAC, pH, T, DQO, DBO, etc.
8. ¿Se realiza un acondicionamiento de la alimentación previo al ingreso al biodigestor? Describa: lugar, tiempo.
Ejemplo: "X" días de retención dentro del pre-fermentador con agitación/calefacción/aislación, etc.; estructura y tamaño; trituración; homogenización; etc.
9. ¿Usted considera que el proceso de preparación de la alimentación que están realizando es correcto para este sistema y sustratos? (SI/NO/En partes). ¿Por qué?
Tamaño de la biomasa, tiempo de homogenización, composición, ST, etc.

Manejo del biodigestor

1. Detalles del biodigestor (*lo descripto en la planilla*).
2. ¿Posee inconvenientes de flotación o sedimentación? Explique: ¿en qué condiciones?
Por ejemplo: circunstancias, época del año, sustratos, etc.
3. ¿Qué operaciones realiza para contrarrestar este problema de flotación o sedimentación?
4. ¿Qué controles realiza al proceso? ¿Con qué frecuencia?
5. ¿Qué problemas frecuentes observa en la planta?
Por ejemplo: bombas, temperatura de operación, sistema de alimentación, etc.

Gasómetro:

6. ¿Qué tipo de gasómetro posee?
7. ¿Qué capacidad de almacenamiento dispone (en m³)? ¿Para cuántos días de almacenamiento de gas ha sido diseñado?
8. Actualmente, ¿está generando mayor, igual o menor cantidad de biogás que lo esperado o para la que fue diseñada la planta de biogás? ¿Conoce las causas?
9. ¿Qué eficiencia del proceso maneja actualmente? ¿Esta eficiencia se ha incrementado, mantenido o disminuido desde el momento en que se puso en funcionamiento la planta?
Eficiencia en relación al biogás generado y el máximo esperado para el/ los sustrato/s utilizado/s.

Purificación del biogás:

10. ¿Qué tipo de sistema de purificación de biogás posee la planta? ¿Cumple con las condiciones o la calidad de biogás esperadas?
11. ¿Conoce la calidad del biogás previo a la entrada del sistema de purificación y a la salida del mismo?
Concentraciones de CH₄, CO₂, H₂S, H₂, O₂, vapor de agua

12. ¿El sistema de purificación esta automatizado?

Consumo de biogás

CALDERA: ¿Qué marca y modelo emplea? ¿Cuál es su potencia?
¿Qué consumo de biogás tiene? ¿Cuánto vapor y agua caliente genera a diario (T y P)?

Energía

1. ¿Realiza cogeneración energética? ¿Cómo?
2. MOTOR: ¿Qué tipo y marca utiliza? ¿Cantidad de cilindros?
¿Horas de funcionamiento diario? ¿Eficiencia del motor para la generación de energía?
Tipo de motor, marca de generador, lo detallado en la planilla.
3. GENERADOR: ¿Qué marca utiliza? ¿Qué potencia tiene?
¿Cuál es su eficiencia para la generación de energía?
4. ¿Qué cantidad de energía eléctrica produce? ¿Qué fin o destino tiene la misma: uso interno de la planta, venta a la red eléctrica?
5. ¿Se recupera energía térmica de la cogeneración eléctrica?
¿Cuánto? ¿Con qué eficiencia?
6. CALDERA: ¿Qué marca y modelo emplea? ¿Cuál es su potencia?
¿Qué consumo de biogás tiene? ¿Cuánto vapor y agua caliente genera a diario (T y P)?
7. ¿Qué cantidad de energía eléctrica y térmica (kWh/tn sustrato; kwh/semana) consume la planta?
8. ¿Qué tipo de inconvenientes ha tenido en el sistema de cogeneración?

Uso o disposición de efluentes

1. ¿Qué cantidad de efluentes genera a diario? (*A la salida del biodigestor.*)
2. ¿Cuenta con un depósito para estos efluentes? (SI/NO)
¿Qué volumen útil tiene? Características constructivas. ¿Cuenta con: agitación (SI/NO); calefacción (SI/NO); aislación (SI/NO); captura de biogás (SI/NO)? ¿Qué TRH tiene? ¿A qué temperatura se mantiene?
3. ¿Realiza separación de sólidos? ¿Qué separador utiliza?
Detallar sistema de separación.
4. ¿Realiza tratamiento de sólidos? ¿Qué metodología utiliza?
5. ¿Realiza tratamiento de líquidos? ¿Qué metodología utiliza?
6. ¿Posee o realiza la caracterización de estos subproductos?
¿Qué parámetros analiza y con qué frecuencia?
7. ¿Utiliza los sólidos? ¿Cómo los dispone?
Explicar si realiza valorización, como los dispone, etc.
8. ¿Utiliza los líquidos? ¿Cómo los dispone?
Explicar si realiza valorización, como los dispone, etc.

9. ¿Están autorizados para la aplicación de los efluentes a campo?
¿Cuentan con alguna certificación? ¿Tienen control sobre la aplicación que realizan?

Balance económico

1. ¿Cuál fue la inversión inicial y total del proyecto?
2. ¿Contó con financiamiento únicamente propio o de alguna fuente de financiamiento (en forma total o parcial)?
Por ejemplo: banco, gobierno, tasa de interés, etc.
3. ¿Cuál es el costo del mantenimiento de la planta?
4. ¿Cuál es el costo de operación de la planta?
5. ¿Cuál es el costo de los insumos y materia prima de la planta?
6. ¿Cuál es el costo de servicios de la planta?
7. ¿Valoriza los subproductos? ¿Cómo?
8. En caso de venta de la energía eléctrica a la red, ¿cuál es el precio que actualmente le están pagando (USD/MW_{elec})?
9. ¿Qué experiencia tiene con la venta de la energía/cooperativa/trámites?
10. ¿Cómo observa la relación de costos de la energía y los costos de producción?
11. ¿Qué inconvenientes económicos o financieros tuvo o tiene la planta?

Aspectos generales

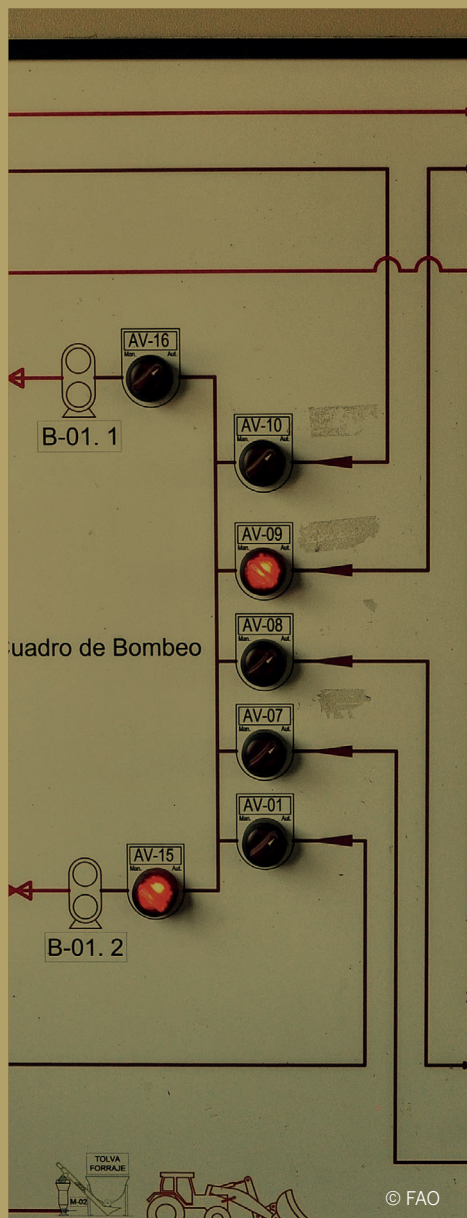
1. ¿Qué cantidad de operarios posee la planta? ¿Horas/días?
2. ¿Posee laboratorio propio? ¿Qué complejidad posee?
Equipos que dispone; si terceriza los ensayos, ¿a qué laboratorio los deriva?, distancia de la planta, tiempo de demora en llegar la muestra y en cuánto tiempo conoce los resultados, etc.
3. ¿Qué medidas de seguridad dispone la planta?
Equipos de seguridad, procedimientos de seguridad, normas, etc.
4. ¿Tiene proyecciones para la planta en el mediano o largo plazo?
Por ejemplo: ampliaciones, cambio de biomasa, etc.). Especificar o detallar.
5. ¿Cómo observa (actualmente y a futuro) el mercado de las energías renovables en el país? ¿Y en particular el de la biomasa para generación de biogás?
6. A su criterio, ¿en qué aspectos considera que el INTI podría brindarle asistencia técnica en este sector?

Aspectos legales

1. ¿Qué marco regulatorio tiene en la Provincia (tratamiento del sustrato, bioseguridad, seguridad y subproductos)?
2. ¿Tiene tarifa subsidiada por generar energía a partir de la producción de biogás (generación por fuente renovable)? ¿A cuánto asciende la tarifa?

Anexo III

Control del proceso anaeróbico



Alimentación

Sólidos volátiles (SV)
Sólidos totales (ST)
DBO-DQO
Conductividad
pH

Biodigestor

Conductividad
Redox
pH
FOS/TAC
Sólidos volátiles (SV)
Sólidos totales (ST)
Nitrógeno total

Biogás

CH ₄
CO ₂
O ₂
SH ₂

Anexo IV

Informe de visita (Universidad Nacional de Cuyo)

INFORME DE RELEVAMIENTO N.º 35

Participantes INTI:

- Natalia Vanin – INTI Mendoza
- Martín Reynoso – INTI Mendoza
- Claudia Herrera – INTI Mendoza

Nombre de la empresa:

Planta experimental de biogás, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cuyo.

Fecha de visita:

9 de diciembre de 2015.

Participantes empresa:

Profesora Rosa Medina

Aspectos generales:

1. Ubicación

La Planta experimental de biogás se ubica en la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA). Luján de Cuyo, Mendoza – Argentina. Sector Sur Este – cercano al bloque de industrias de la FCA y de la futura Planta de tratamiento de efluentes. 33° 00' 26,94" S – 68° 52' 11,10" O.

Superficie total: 100 m²

Superficie cubierta: 30 m²

Altura: 4 m totales

2. Descripción y rubro de la empresa o institución

El proyecto se desarrolla en cooperación entre el INTI y la Universidad Nacional de Cuyo, a través de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA).

En el ámbito de la FCA, el desarrollo de fuentes de energía no convencionales, especialmente las renovables, es objeto de investigaciones, desarrollos tecnológicos, cooperación nacional e internacional y especial importancia académica.

Aspectos tecnológicos:

1. Tecnología de biodigestión aplicada

La propuesta se desarrolla bajo los siguientes conceptos:

- El biogás, que está constituido mayoritariamente por metano y dióxido de carbono, es un gas combustible que se genera en un dispositivo a partir de diferentes reacciones de biodegradación que sufre la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y con la ausencia de oxígeno del aire.
- Los biodigestores pueden ser de distintos tamaños, dependiendo de la cantidad de gas que se quiera obtener y el destino que se le dará. Por ejemplo, un biodigestor de 2 m³ puede abastecer de gas a una vivienda y satisfacer sus necesidades de agua caliente, cocina y calefacción. Un biodigestor de 100 m³ podría generar gas suficiente para hacer funcionar un grupo electrógeno y producir electricidad para una fábrica.
- En la Planta experimental de biogás, el proceso opera en *batch*, no funciona en forma semi-continua como en el caso industrial, pero existe la posibilidad de operarlo en esta modalidad también.
- Además de los aspectos académicos, técnicos y científico-económicos que persigue el proyecto, la posibilidad de aprovechar el biogás para la generación de energía destaca claramente las aspiraciones sociales y ambientales que implica la realización del mismo.

2. Descripción de las instalaciones

Digestor anaeróbico con una capacidad de 1,3 m³, fabricado en acero inoxidable AISI 304, al que se anexó un agitador con un motor de 1,5 HP, para facilitar el mezclado y homogenización de los sustratos.

Visores tipo ventanilla para que los estudiantes puedan observar el proceso que se lleva a cabo en el interior del biodigestor.

El gasómetro tiene una capacidad de almacenamiento de 16 m³, está fabricado de lona *Rispstop*, una tela reforzada con hilos de alta resistencia.

Se instaló una cámara especial (filtro), con la finalidad de realizar pruebas de materiales en el ambiente gaseoso e investigar sobre cuáles pueden ser utilizados en el proceso de purificación del biogás.

3. Descripción del circuito de biogás (filtros, tratamientos, pipelines, almacenamiento).

4. Descripción del sustrato (tipo, cantidad, disponibilidad, características)

La Región de Cuyo, gracias a sus buenas condiciones agroecológicas, cuenta con una gran cantidad de materia orgánica que puede ser utilizada para la producción de biogás. Mayoritariamente los residuos provienen de la producción agropecuaria y alimenticia, en especial, orujo de la uva, alpechín de la aceituna y residuos de conservas y envasados.

La misma FCA dispone de una fábrica de procesamiento de estos productos (dulces y mermeladas, conservas de tomate, aceite de oliva, vino, entre otros), de los cuales se obtendrían algunos residuos factibles de utilizar como sustrato en los ensayos.

5. Uso del biogás

El biogás producido estará destinado al calentamiento de agua, la cual será utilizada para calefaccionar el biodigestor y mantener el proceso de degradación en las condiciones óptimas.

En caso de presentarse un excedente de biogás, el mismo debe ser quemado en la antorcha; elemento previsto para evitar el venteo directo. Dicha antorcha aún no se encuentra instalada, ya que se esperan definiciones por parte de las autoridades de la FCA en lo referente a la zonificación, delimitación y cierre del predio.

6. Sistema de control del proceso (controladores automáticos, ensayos de rutina, cómo controlan el proceso, equipamiento y frecuencia de control)

Tanto el INTI como la FCA cuentan con laboratorios preparados para realizar los correspondientes análisis y ensayos diarios para el monitoreo y control del proceso. Además, la Planta experimental de biogás cuenta con algunos equipos y diferentes sistemas de control automatizados para regular las principales variables, como temperatura y pH.

7. Mantenimiento de la instalación

Actualmente, la planta experimental de biogás no se encuentra en funcionamiento.

Aspectos ambientales:

1. Identificación y manejo de subproductos (qué hacen con los lodos, el agua residual, etc.)

Los subproductos serán analizados y caracterizados para evaluar su posibilidad de aplicación o disposición final, según corresponda.

2. Tratamiento de efluentes y disposición

La FCA posee una planta de tratamiento de efluentes cercana a las instalaciones de la planta experimental de biogás, donde se pueden disponer los efluentes generados previa caracterización de los mismos.

Aspectos legales:

1. Marco legal en el que está inscripta la planta

Al ser una planta de tipo experimental que funciona dentro del predio de la FCA y con fines de investigación y académicos, no requiere de inscripción o presentación fuera de las que se realizaron para la aprobación del proyecto dentro de la universidad.

2. Requerimientos municipales y provinciales

No aplica.

Aspectos económicos:

1. Inversiones de capital (CAPEX)

Sin descripción.

2. ¿Cómo se financiaron?

El financiamiento para la fabricación del biodigestor y la construcción del edificio se realizó mediante un aporte de la Embajada de Alemania, y la Universidad Nacional de Cuyo.

A través de sus expertos, el INTI fue responsable del diseño, instalación y puesta en marcha del biodigestor, el gasómetro y los equipos auxiliares.

3. Costos de operación y mantenimiento (OPEX)

Sin descripción.

4. Ahorro producido por la instalación

No aplica.

RELEVAMIENTO NACIONAL DE BIODIGESTORES

Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica
con aprovechamiento energético térmico y eléctrico

Nº 6

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

www.fao.org

ISBN 978-92-5-131594-1



CA5190ES/1/07.19