

## Propuesta de Solución Local en la Comunidad Ampliación del Almendares con Enfoque de Economía Circular

### *Proposal for a Local Solution in the Community Ampliación del Almendares with a Circular Approach*

**Eduardo Rodríguez Antúnez<sup>1</sup>, Daniela de la Caridad Delisle Pérez<sup>1</sup>, Ing. Ernesto Alberto Alvarez<sup>1</sup>, Dra. Miriam Lourdes Filgueiras Sainz de Rozas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (Cujae).

Calle 114 No 11901 entre 119 y 127, Marianao, La Habana, Cuba

e-mail : [edurru07152000@gmail.com](mailto:edurru07152000@gmail.com) [danieladelac0479@gmail.com](mailto:danieladelac0479@gmail.com) [ealvertoa@electica.cujae.edu.cu](mailto:ealvertoa@electica.cujae.edu.cu)

[miriaml@electica.cujae.edu.cu](mailto:miriaml@electica.cujae.edu.cu)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



### Resumen

Este trabajo se realizó como parte de la preparación de pregrado en los principios de la Economía Circular (EC) y el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, se propone el diseño preliminar de biodigestores caseros con recursos disponibles para la obtención de gas, con orientación al autoabastecimiento, para el desarrollo en la comunidad “Ampliación del Almendares”, con estudio previo de las variables involucradas. Se empleó el Modelo ReSOLVE que contempla la aplicación de los principios y fundamentos de la Economía Circular, así como la utilización de las herramientas, mecanismos, tecnologías y prácticas que ayudan a su puesta en marcha y desarrollo, a partir de estudios anteriores que han obtenido favorables resultados. El trabajo explora la posibilidad de instalar biodigestores que reducen y minimizan en un 95% los desperdicios contaminantes en el entorno, utilizándolos para la producción de energía y abastecer así a esta comunidad.

**Palabras clave:** biodigestores, Economía Circular, desarrollo local, fuentes renovables de energía.

### Abstract

This work was carried out as part of the undergraduate preparation in the principles of the Circular Economy and the use of renewable energy sources, the preliminary design of home biodigesters with available resources to obtain gas is proposed, with a self-sufficiency orientation, for development in the "Amplification of Almendares" community, with a prior study of the variables involved. The ReSOLVE Model was used, which contemplates the application of the principles and foundations of the Circular Economy, as well as the use of tools, mechanisms, technologies and practices that help its implementation and development, based on previous studies that have obtained favorable results. The work explores the possibility of installing biodigesters that reduce and minimize polluting waste in the environment by 95%, using it for energy production and thus supplying this community.

**Keywords:** biodigesters, Circular Economy, local development, renewable energy sources.

## 1. Introducción

La Economía Circular constituye un modelo para la actividad económica de la sociedad que busca redefinir el crecimiento económico, con énfasis en los beneficios para toda la sociedad, la sostenibilidad y sustentabilidad (1). No es más que la acción de producir sin afectar el ecosistema, donde se mitiga la generación de desechos y residuos que contaminan al medio ambiente y los productos una vez concluido su ciclo de vida, en que vuelven al medio sin contaminar o son reutilizados en producciones nuevas (2,3).

La aplicación de este tipo de economía ha resultado en los últimos tiempos muy útil y provechosa, mostrando numerosos resultados en cuanto a impacto ambiental y crecimiento económico. Por ello, en comunidades pequeñas y de pocos recursos como la estudiada resulta beneficiario su empleo en la solución de los múltiples problemas en el devenir de su desarrollo. La Economía Circular se basa en tres principios, denominado “las tres R”; reducir, reusar y reciclar, con el fin de alcanzar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida de las personas (4).

Cuando se habla de EC en empresas o cualquier otra entidad uno de los ejes prioritarios es conseguir una mayor eficiencia de los recursos, la cual no se refiere solo a la gestión de los residuos, sino también a la eficiencia energética. Por lo que también incluye el desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE), elemento clave de esta nueva etapa económica (2,3,5).

En Cuba el concepto de la EC comienza a incorporarse recientemente, aunque es consustancial al modelo económico que construye para alcanzar un desarrollo sostenible y sustentable; por lo que, incluye la política de reciclaje, el desarrollo de las FRE y el uso eficiente de la energía (6).

La implementación de la transición hacia una EC en Cuba, como en cualquier país de mundo, requiere de una actividad coordinada y responsable entre las Administraciones, los sectores económicos y el conjunto de la sociedad. Desde: la Administración General del Estado, a través de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE's), los Órganos de Gobiernos Locales, el tejido empresarial, desde las Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial (OSDE's); los centros de investigación, universidades y escuelas.

Debido a todo lo anterior, se requiere que los nuevos profesionales, desde su etapa de formación adopten este enfoque de la economía. El gobierno cubano, con el propósito de acelerar el proceso de asimilación de estos conceptos, orientó a las universidades, desde finales de 2019, la necesidad de incluir estos enfoques en los currículos de los profesionales que se forman en ellas (6).

Con la inclusión de este tema en la asignatura Economía de la Energía en el 3er año de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana “José A. Echeverría” CUJAE, se pretende que los estudiantes desarrollen habilidades en la realización de pequeños proyectos que incorporen los elementos de la Economía Circular, aspecto que motivó la realización de este trabajo (6).

La Comunidad “Ampliación del Almendares” es un pequeño asentamiento suburbano ubicado en el municipio Marianao en las proximidades de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE) y el Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), de no menos de 25 viviendas y con una cifra de 63 habitantes aproximadamente, dedicados a la producción agropecuaria.

Esta pequeña comunidad de solo dos calles, cuenta con un vivero nombrado “La Chata”, numerosas fincas, como la llamada Finca La Línea de 0,25 ha asociada a la cooperativa “Amistad con los Pueblos”, dedicada a la agricultura, en la que se realizan cultivos de caña y en su mayoría frutas, principalmente mango, guayaba y aguacate; en esta finca, un porciento de la producción es destinado a hospitales, escuelas, hogares de ancianos, y el hogar para niños sin amparo filiar. El ganado vacuno, ovino y porcino constituye una parte de la producción pecuaria de la zona, en especial de la comunidad, aportando leche y carne para el consumo principal de los moradores del lugar.

En la comunidad “Ampliación del Almendares” existen desechos y contaminación en abundancia que afectan el estado de la comunidad, tanto en el ámbito social como a la salud de los lugareños y existe un bajo uso y aprovechamiento de los recursos que clasifican como desperdicios.

La producción pecuaria está presente en la mayoría de las fincas y en las comunidades rurales, y esta comunidad no es la excepción. Es bien sabido que los residuos orgánicos provenientes de estas actividades causan problemas de contaminación, en la mayoría de los casos creando un impacto ambiental, económico y social negativo. En Cuba se desarrollan innumerables proyectos a nivel local para la utilización de los residuos orgánicos como fuente renovable de energía (7-9). Por ello, reenfocar el destino de estos residuos es tarea imprescindible para dar solución al objetivo general establecido para este trabajo: contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos en esta comunidad, utilizando los elementos de la Economía Circular para mejorar las condiciones de vida de sus pobladores y mitigar las afectaciones al medio ambiente.

## 2. Materiales y Métodos

En la realización del trabajo se emplearon diferentes métodos, en primer lugar, para identificar y analizar los problemas existentes en la comunidad; determinar posibles soluciones bajo el concepto de la Economía Circular que no es más que la preservación de los materiales y los productos el mayor tiempo posible, fomentando el reciclaje y contribuyendo al cuidado del medio ambiente (CEPAL, 2021) para así poder seleccionar una propuesta de solución.

Se emplearon los métodos de trabajo en equipo, como tormenta de ideas: realizada mediante una reunión grupal entre los seis integrantes del equipo, con un grupo importante de los pobladores contribuyendo al surgimiento de nuevas ideas relacionadas con la Economía Circular, con el objetivo de darle solución a diversos problemas existentes en la comunidad destinada a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

La votación ponderada para la reducción del listado de problemas entre los integrantes del equipo de estudiantes. Otra tormenta de ideas entre los seis integrantes del equipo, para esclarecer las ideas relacionadas con la Economía Circular, con el propósito de determinar posibles soluciones a los problemas existentes en la comunidad donde se realizó el trabajo. Unido a la matriz criterio, como herramienta utilizada para evaluar distintas opciones puntuándolas respecto a criterios de interés para los problemas a resolver y seleccionar la solución con mayor atractivo a los participantes.

Se empleó el Modelo ReSOLVE, expuesto en detalle en Kowszyk, Y. y Maher, R. (2018), que contempla gran parte de las actuaciones basadas en la aplicación de los principios y fundamentos de la Economía Circular, así como la utilización de las herramientas, mecanismos, tecnologías y prácticas que ayudan a su puesta en marcha y desarrollo. Para que las estrategias del marco ReSOLVE posibiliten alcanzar resultados eficaces.

## 3. Resultados y Discusión

### Identificación y análisis de los problemas existentes en la comunidad

En un encuentro con los pobladores de la comunidad, donde se realizó una tormenta de ideas se detectaron numerosos problemas y afectaciones que dificultan la vida cotidiana de los residentes. A continuación, se enuncian los problemas más significativos de la comunidad.

- Mal estado de las calles.
- Problemas constructivos de las viviendas (muy malas condiciones).

- Problemas en el alumbrado público.
- Problemas con el abasto de agua para la población y los animales.
- Problema con el vertido de desechos sólidos de animales.
- Punto de recogida de gas licuado demasiado lejos.
- No aprovechamiento de desechos vegetales, como el bagazo de caña.
- Problemas con la acumulación de basura.

En entrevista con el delegado de la circunscripción del poder popular A. González indicó que “los problemas más acuciantes de la comunidad son los que hemos debatido” (comunicación personal, 17 de noviembre de 2022); Además, en un recorrido de los autores por la comunidad, se pudieron constatar los problemas planteados.

En la figura 1 se muestra un vertedero de basura ubicado al final de la comunidad en los terrenos adyacentes al vivero, aquí se evidencia el desaprovechamiento del bagazo de la caña, la acumulación de basura no clasificada que bien pudiera ser aprovechada. La existencia de este basurero en una zona donde no es habitual la recogida de desechos trae consigo problemas sanitarios, criaderos de mosquitos y la constante aparición de alimañas como cucarachas, ratas y ratones que se alimentan además de los cultivos, las frutas, los huevos y crías de pollos y patos e incluso conejos recién nacidos. Además de que un vertedero de basura de esa magnitud se convierte en un área desaprovechada, trae malos olores y afecta el entorno y la comodidad de los que transitan y viven en las cercanías.

El problema de la vivienda, en la figura 2, es otro factor importante, el bajo nivel adquisitivo de algunos residentes imposibilita la reparación y/o acondicionamiento de las mismas.



**Figura 1. Vertedero. Fuente: foto tomada por los autores**



**Figura 2. Mal estado de las casas. Fuente: foto tomada por los autores**

La comunidad en el horario nocturno se torna oscura debido a la ausencia del alumbrado público en las calles, entre los comentarios de los lugareños este problema tiene un peso significativo ya que pone en riesgo la seguridad de los residentes.

Como antes se mencionó, la producción pecuaria con los diferentes tipos de ganado, principalmente el vacuno interviene en las actividades económicas de abasto para la comunidad, pero esto trae consigo una parte negativa y es los desechos de los animales. El estiércol se amontona y desecha en las proximidades de los corrales, esto trae como consecuencia contaminación en cuanto al mal olor y falta de higiene, atrayendo a insectos como moscas, escarabajos y otros organismos descomponedores que crean un ambiente muy desagradable.

### **Determinación de posibles soluciones**

Los vertederos de basura desde la Economía Circular se pueden reducir; los desechos se pueden clasificar en orgánico, plásticos y materiales de papeles y cartón. El reciclaje es una buena manera de contribuir al cuidado del medioambiente y reducir los desperdicios y recursos. La comunidad puede elaborar un proyecto para el reciclaje, donde los plásticos y papeles puedan ser vendidos a una cooperativa o una Micro, Pequeña y Mediana Empresa (MIPYME), el dinero recaudado se podría emplear en un proyecto comunitario para el mejoramiento de las viviendas y solucionar, o amortiguar de cierto modo, la situación angustiante que presentan algunos residentes con las condiciones de su hogar, dándole solución a la vez al problema de la vivienda.

De este modo, se reduce el vertido de basura, se alejan roedores y todo foco de afección a la salud y mejora el entorno y desarrollo de la zona. Mientras que los desechos orgánicos como el bagazo también pueden contribuir a fondos para el mejoramiento de las viviendas, ya que esta materia prima tiene múltiples usos como por ejemplo en la carpintería, en la elaboración de muebles escolares, como mesas y el conocido cartón tabla.

Otros desechos orgánicos se pueden conservar para la alimentación del ganado porcino y sustituir la compra de pienso que carece en el mercado y tiene altos precios en el mercado informal. Además, estos desperdicios en cierto modo se pueden clasificar y dividir, algunos son ricos en proteínas para las plantas, se puede crear composta para el abono de los cultivos.

Los desechos del ganado vacuno son otra fuente de abono que se puede emplear en la agricultura. Las cosechas de ciclo corto como el plátano aprovechan muy bien los nutrientes que les pueden aportar los desechos biológicos de animales, crecen con mayor rapidez y menos riesgo a plagas o enfermedades que afecten la producción. Este método de abono provoca la higienización de los corrales, protegiendo a los animales de enfermedades, aliviando los malos olores y contribuye a su vez a cerrar el ciclo de una Economía Circular bien implementada, viendo los desperdicios y desechos como materia prima para crear nuevos productos y a su vez contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Así se pueden solucionar algunos de los problemas más puntuales que tiene la comunidad, pero existen otras opciones que pueden llegar a dar solución y abarcar un poco más en cuanto a las dificultades de la población. El empleo de un biodigestor puede llegar a ser una opción rentable y económica que solucionaría en su mayoría todos los problemas de la comunidad.

Para determinar cuál de todas las opciones válidas a dar solución a los distintos problemas el equipo utilizó la Matriz Criterio; consiste en un arreglo de filas y columnas que enfrentadas permite seleccionar entre varias soluciones a un determinado problema, que con base en la selección, ponderación y aplicación de criterios debería ser una la mejor solución.

En este caso, con la reducción de listado a seis problemas más significativos, a los cuales se les propone como solución tres opciones. Por prioridad otorgándole un número más alto al problema más significativo para luego otorgarle un puntaje en un rango del 1 al 10 a la opción que más pudiera ofrecer una solución, en la Tabla 1.

Una vez elaborada la matriz de criterios, se multiplica la prioridad por el valor asignado a cada opción, con los resultados obtenidos se le calculó la suma y la media, obteniendo finalmente a la Opción B como la mejor solución para resolver los problemas de la comunidad.

Una vez elaborada la matriz de criterios, se multiplica la prioridad por el valor asignado a cada opción, con los resultados obtenidos se le calculó la suma y la media, obteniendo finalmente a la Opción B como la mejor solución para resolver los problemas de la comunidad.

**Tabla 1 Matriz de criterios para la selección de la solución.**

Prioridad	Criterio	Opción A		Opción B		Opción C	
		Reciclaje		Biodigestor		Bomba de agua	
4	Abasto de agua	0	0	2	8	8	32
5	Acumulación de basura	4	20	5	25	1	5
6	Alumbrado público	2	12	8	48	0	0
1	Desechos vegetales	2	2	5	5	3	3
3	Gas	0	0	10	30	0	0
2	Desechos sólidos de animales	4	8	4	8	2	4
		Suma	42	Suma	124	Suma	44

### Propuesta de confección de un digestor casero

Conceptualmente un digestor biológico o biodigestor es un contenedor cerrado herméticamente dentro del cual la materia orgánica como desechos vegetales, frutas; también excremento de rumiantes, avícolas, dentro de una disolución con agua se degrada obteniendo gas metano como producto y un subproducto líquido denominado bioabono, rico en nitratos de inorgánicos, potasio y fósforo el cual puede ser utilizado como fertilizante.

Materiales y su descripción para la realización de un biodigestor casero con recursos reciclables y de fácil acceso, en la figura 3.

El reactor y la entrada de materiales.

- Un tanque o bidón de entre 120 y 220 litros de capacidad. Generalmente son azules con tapa de cierre hermético.
- Tapón de limpieza sanitario (10.16 cm): Es una especie de adaptador con tapón enroscable.
- Segmento corto de tubo (10.16 cm): Pasa a través de la abertura y conecta el “adaptador-tapón” en el exterior con la reducción en la parte interna del tanque. Debe ser suficientemente corto para permitir que tanto la reducción como el adaptador-tapón aprisionen la pared de la tapa del tanque y así permitir una mejor sujeción y sellamiento. También se pueden usar bridas sanitarias pegadas con silicona al tanque.
- Reducción PVC de 10.16 cm a 7.62 cm.
- Tubo PVC sanitario (7.62 cm): Desde la reducción hasta 5cm antes del fondo del tanque.

Para la salida del efluente:

- Adaptador de tanque (5.08 cm).
- Tubo PVC (5.08 cm) para la tubería de salida del efluente.
- 3 codos PVC (5.08 cm).
- Adaptador de tanque (2.54 cm) para conectar la válvula.
- Válvula de esfera PVC (2.54 cm) Para la salida inferior del efluente más pesado.

Para la salida del biogás (en orden):

- Conector de tanque (1.27 cm).
- Válvula de esfera con roscas (1.27 cm).
- Adaptador para manquera.

- Manguera. Para unir las partes y sellar:
- Soldadura (pegamento) para PVC.
- Silicona selladora transparente, resistente a hongos: Para sellar alrededor de las uniones al tanque e impedir filtración.

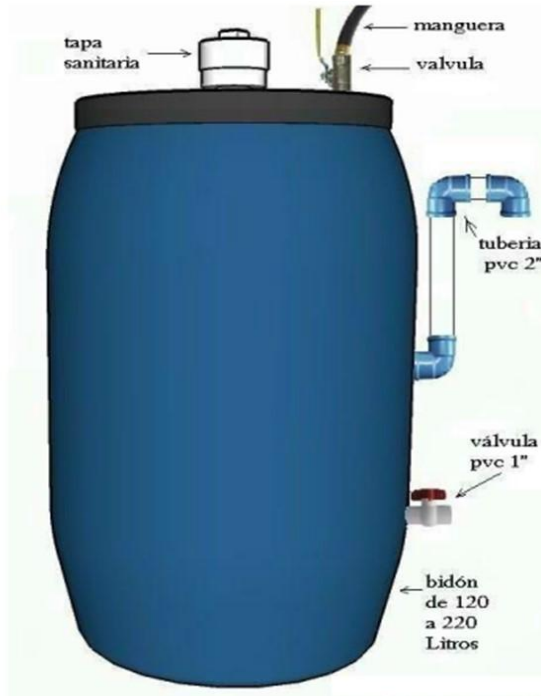


Figura 3. Biodigestor casero con recursos reciclables y de fácil acceso. Fuente: EcoInventos green technology. Cómo hacer un biodigestor casero. En: <https://ecoinventos.com/biodigestor-casero> [Consultado en: 19 de noviembre del 2022]

Al tanque se le realizan dos agujeros laterales y dos en la tapa. Uno en la parte lateral-inferior para la válvula de 2.54 cm; otro en la parte media para la salida de efluente. En la tapa uno será para la entrada del material y el otro para la salida del biogás, siempre del diámetro de la pieza que lo atraviesa. Para almacenar el biogás se utiliza un depósito de campana flotante, muy fácil de construir con dos bidones; uno grande donde va el agua y otro ligeramente más angosto que se sitúa boca abajo dentro del anterior. La manguera que viene del digestor se introduce al tanque mayor y burbujea de tal forma que el gas sube y queda atrapado en el tanque menor el cual tiene una válvula para la salida del gas con una manguera y una trampa de agua.

Para poder utilizar el biodigestor, su constructor deberá instalar previamente las conexiones, mangueras, válvula de seguridad, depósito de biogás y quemador, así como también revisar las conexiones con el fin de evitar fugas de gas o la entrada de aire al aparato. Ya resueltos estos preparativos se podrá proseguir con el llenado de este.

Materia orgánica utilizable.

- Estiércol fresco o purines de animales herbívoros u omnívoros (ejemplo: cerdos).
- Residuos de cocina y restos de alimentos, (excepto de cítricos).
- Aceite de cocinar usado (solo el 5%).
- Restos de vegetales de plaza de mercado.
- Césped recién cortado -mezclado con otros materiales.

- Aserrín (serrín) viejo-mezclado con otros materiales.

Existen otras materias que no son recomendables debido a que son más difíciles de degradar o no aptos para un biodigestor de estas características. En general no deben utilizarse residuos de frutas cítricas, semillas o granos enteros, paja o tallos de cereales, virutas de madera, hojas secas, restos de podas, excremento de animales carnívoros como gatos o perros y tampoco materia fecal humana. Están fuera de toda consideración para este uso los huesos, piedras, vidrio, metal, plástico y cascarilla de arroz. Para permitir una rápida degradación, todos los materiales que se utilizarán deben ser triturados, desmenuzados o machacados según sea el caso, en fragmentos no mayores a 1 mm para los más blandos y menores de 5 mm los más consistentes. Entre más pequeños, mejor. La carga se constituirá por la mezcla de un 20 a 25 % de material orgánico y de un 80 a 75% de agua. Parte de esta agua puede reemplazarse por el líquido (efluente) tratado que sale del biodigestor también conocida como biol, y de esa forma producir más biogás a expensas de obtener menos fertilizante.

Funcionamiento: El biodigestor inicialmente deberá llenarse (los 3/4) con la mezcla de materia orgánica y agua en pocos días para evitar que se liberen olores de forma excesiva. Luego del llenado no se adicionará más mezcla hasta que haya comenzado bien la producción de metano y luego mantenido por varios días. Posterior a que esto ocurra se adicionará diariamente la carga que calculó para su biodigestor en concreto, siempre por la tapa PVC en la parte superior del digestor. El tubo de salida del biodigestor será el rebosadero por donde saldrá el efluente líquido o biol cada vez que se adiciona la carga al aparato.

Dada la disponibilidad de terreno con espacio libre y la abundancia de recursos que no se están aprovechando correctamente y afectan el entorno, hacer un biodigestor casero con materiales reciclables y de fácil acceso es una de las opciones ecológicas más eficientes.

El biodigestor debería construirse de acuerdo a la disponibilidad de recursos bajo los principios de “las tres R”; reducir, reusar y reciclar utilizando recursos y componentes muy fáciles de obtener y que todos los lugareños en unidad podrían construir.

Inicialmente, dependiendo del tanque disponible, y de factores como la cantidad y el tipo de residuos orgánicos utilizados, la temperatura y la acidez del medio entre otros, será la cantidad de biogás producido. Por lo general se estima que un biodigestor que opere adecuadamente puede producir entre 0.03 y 0.05 metros cúbicos de biogás por kilogramo de residuos orgánicos digeridos. Los usos para este biogás podrían ser en uso doméstico para cocinar algunos alimentos, para calentadores de agua, de este modo quedaría solucionado el problema del gas por la lejanía del punto más cercano para la compra de la bombona de gas licuado. Se estima que la eficiencia de conversión del biogás en electricidad puede oscilar entre un 25% y un 40% lo que significa que por cada metro cúbico se pueden obtener entre 1.5 y 2.4 kWh de electricidad. Kavilkar, A., Patil, S. (2021).

El biodigestor deja como resultado esa composta que sirve de abono, esto bien pudiera utilizarse en el vivero, para los cultivos sembrados y para abonar el alimento del ganado que puede cultivarse. También podía valorarse la posibilidad de generar electricidad, esto ayuda en el ahorro de energía para el país, la corriente producida ya que no sería mucha debido al tamaño del biodigestor, podría utilizarse para el alumbrado público de la zona, para la iluminación de los corrales de los animales, para hacer un sistema de riego eléctrico, para alimentar una bomba de agua que solucione el problema del abasto de agua a la población, los animales y los cultivos y de este modo todo vuelve a ser un ciclo al crecer esos cultivos y dar alimento al ganado que producirá más desechos que sirven para generar más gas, generar electricidad para alimentar la bomba de agua y regar nuevamente los cultivos.

Con el empleo del método ReSOLVE, al crear, optimizar, regenerar e intercambiar, en poco tiempo luego de instalarse el biodigestor la comunidad debería verse totalmente diferente, con el biodigestor en marcha, en las noches las calles estarían iluminadas, tendrían una bomba de agua funcionando, un

sistema de riego eléctrico trabajando, agua caliente en las casas, cocinarían con el gas del biodigestor y el licuado de reserva, los malos olores como consecuencia de los desechos de animales y el basurero desaparecerían porque no habría acumulación de estos, y consigo desaparecerían las plagas de roedores y portadores de enfermedades que dañan los cultivos y se comen las crías de aves y conejos.

No habría contaminantes, la naturaleza estaría cuidada y los productos agrícolas emergiendo con abundante agua y abono. Y así la inversión de las familias se reenfocaría permitiéndole ahorrar por ejemplo en comida que se pueda cosechar, en la compra de gas, en calentar agua para uso doméstico entre otras para redirigir sus gastos en la construcción y mejora de las viviendas en mal estado.

#### 4. Conclusiones

El presente trabajo ha facilitado que los residentes de la comunidad “Ampliación del Almendares”, integrarlos en un pequeño proyecto para dar solución a los diferentes problemas existentes en sus alrededores, siendo capaces de innovar y brindar ideas interesantes que podrían beneficiarlos en el tiempo.

Se analizó cada uno de los problemas existentes en la comunidad, enumerándolos y analizando la gravedad de los mismos, haciendo conocer las consecuencias y afectaciones que pueden traer. Además, se brindó información sobre la Economía Circular, sus principios y estrategias de implementación, y cómo establecer posibles soluciones de manera individual como fue el caso del reciclaje o la utilización de las excretas del ganado como abono para las plantas.

Se determinó que la mejor opción para dar solución a la gran mayoría de los problemas está en la construcción de un biodigestor casero, el gran número de posibilidades y ventajas que trae la obtención de gas al convertir los residuos en recursos es amplia y si se aprovecha al máximo, en poco tiempo, mejoraría la calidad de vida de las personas de la comunidad. El análisis crítico sobre cómo se confecciona un biodigestor casero permitió a estudiantes y pobladores concluir que, con materiales fáciles de obtener, reciclables y que se encuentran al alcance de cualquier individuo, es posible su realización y solucionaría no solo un problema, sino que abarcaría varias soluciones a distintas problemáticas presentes en la comunidad.

Es de destacar, que el objetivo de lograr una sensibilización y utilización de los conceptos de la EC por los estudiantes involucrados en este ejercicio académico, también se alcanzó, uno de los cuales realizará su Ejercicio de Culminación de Estudios en este tema.

#### Referencias

- [1] De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M. y Kohout, M. Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021. Disponible en:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf)
- [2] Arroyo, F. R. La Economía Circular como Factor de Desarrollo Sustentable del Sector Productivo. [online] Research Journal. [Internet] 2019 [consultado 2022 Oct 24]; 3(12), 78-98: e0110.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6828555>

- [3] ITEL. Introducción a los Principios de la Economía Circular y de la Sostenibilidad. Economía Circular. [Internet] 2017 [consultado 2022 Oct 24]. Disponible en: <https://www.itelspain.com/files/pagina/pdf/20170925100953.pdf>
- [4] Kowszyk, Y. y Maher, R. Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC. Perspectivas económicas Birregionales. Hamburgo, Alemania: Scharlau GmbH. [Internet] 2018 [Consultado 2022 Oct 24]. Disponible en: [https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia\\_circular\\_ods.pdf](https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf)
- [5] Ruiz, Elena y Ruiz, Paula. Cerrar el círculo. El business case de la economía circular. Forética [Internet] 2018. [Consultado 2022 Oct 22]. Disponible en: [https://www.foretica.org/business\\_case\\_economia\\_circular\\_foretica.pdf](https://www.foretica.org/business_case_economia_circular_foretica.pdf)
- [6] Rodrigo Salvador, R. H. (agosto 2019). Circular Economy: Fundamentals and Applications. *I Jornada Internacional de Investigación Tecnológica*. Bagua, Amazonas, Perú. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo\\_Salvador2/publication/341621972\\_Circular\\_Economy\\_Fundamentals\\_and\\_Applications/links/5ecbc658458515626cca518a/Circular-Economy-Fundamentals-and-Applications.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Salvador2/publication/341621972_Circular_Economy_Fundamentals_and_Applications/links/5ecbc658458515626cca518a/Circular-Economy-Fundamentals-and-Applications.pdf)
- [7] Filgueiras\_Sainz de Rozas, ML; Alberto\_Alvarez, E. y Elias Hardy, LL. Experiencias en la impartición del tema sobre Economía Circular en la carrera de Ingeniería Eléctrica. Energética [Internet]. 2022, vol.43, n.3 [Consultado 2022 Oct 22], pp.80-89. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012022000300080&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012022000300080&lng=es&nrm=iso). Epub 07-Nov-2022. ISSN 1815-5901.
- [8] Chao, R, Sosa, R, Pérez, A A and Cruz, E. Biodigestores de bajo costo en Cuba. [Internet] CIRAD 2016 [Consultado 2022 Oct 22]. Disponible en: [http://pigtrop.cirad.fr/sp/temas/medio\\_ambiente\\_y\\_recursos\\_naturales/biodigestores\\_de\\_bajo\\_costo\\_en\\_cuba](http://pigtrop.cirad.fr/sp/temas/medio_ambiente_y_recursos_naturales/biodigestores_de_bajo_costo_en_cuba)
- [9] Suárez-Hernández, J. Guardado-Chacón, J. A. Cepero-Casas, L. El estado del biogás en Cuba. [Internet] Boletín Informativo Renovable.cu. 2021[consultado Oct 23]. No. 07/Julio/2021 Disponible en: <https://www.cubaenergia.cu/publicaciones/renovable-cu/486-renovable-cu-julio-2021-diversificacion-del-uso-del-biogas/file>.
- [10] Suarez-Hernandez, Jesús et al. Procesos de innovación en la producción local de alimentos y energía en municipios cubanos. Pastos y Forrajes [Internet]. 2018, vol.41, n.4 [Consultado 2022 Oct 22], pp.237-242. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942018000400001&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400001&lng=es&nrm=iso). ISSN 0864-0394.
- [11] Kavilkar, A., Patil, S. Design and fabrication of portable and low-cost household biogas plant for organic waster management. International Journal of Engineering Reserch and Tecnology, 2021 14(1), 46-2.

#### ACKNOWLEDGMENTS (NO FUNDING)

The authors acknowledge the support provided by the Thematic Network 723RT0150 “Red para la integración a gran escala de energías renovables en sistemas eléctricos (RIBIERSE-CYTED)” financed by the call for Thematic Networks of the CYTED (Ibero-American Program of Science and Technology for Development) for 2022.

Los autores agradecen el apoyo brindado por la Red Temática 723RT0150 "Red para la integración a gran escala de energías renovables en sistemas eléctricos (RIBIERSE-CYTED)" financiada por la convocatoria de Redes Temáticas del CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) del año 2022.