

Análisis de un sistema de producción de energía renovable a través del procesamiento de residuos sólidos orgánicos para aplicación en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Study and analysis of a renewable energy production system through the processing of organic solid waste for application at Catholic University of Santiago de Guayaquil

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14713633>

AUTORES: Edgar Xavier Mendoza Arce^{1*}

Juan Armas²

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: cmendozaa5@unemi.edu.ec

Fecha de recepción: 23 / 10 / 2024

Fecha de aceptación: 03 / 12 / 2024

RESUMEN

El avance acelerado del mundo genera enormes cantidades de desechos y un consumo creciente de energía proveniente de combustibles fósiles, para lo cual, es necesario implementar otras fuentes de energía alternativas. El objetivo de la presente investigación es realizar un estudio de producción de energía renovable a través del biogás obtenido en un biodigestor que use la descarga sanitaria. El estudio se orientó con un enfoque cuantitativo, por su alcance es exploratoria y descriptiva y por su fuente de datos es documental y de campo. Para este estudio, se considera la totalidad de residuos de la descarga sanitaria generada por los baños de la facultad técnica, que constituyen la población. Para el diagnóstico de la carga eléctrica se efectuó un análisis documental de

^{1*} <https://orcid.org/0009-0001-4368-6941>, Universidad Estatal de Milagro, cmendozaa5@unemi.edu.ec

² <https://orcid.org/0009-0007-7156-9105>, Investigador independiente, juan.armas@grupoindami.com.ec

estudios anteriores; así como se realizaron mediciones, cálculos y análisis técnicos y esquemas para obtener la información necesaria. Como resultado, la carga eléctrica que indica el consumo diario total de energía es de 205.02 kWh; la capacidad del generador de energía fue de 230.645 KVA; la capacidad del biodigestor implica un contenedor con una capacidad de 30,000 litros para producir 30.96 m³ de biogás diarios; mientras tanto, los esquemas de instalación de los equipos y de la conexión eléctrica proporcionaron una perspectiva amplia de las de las dimensiones de los equipos y la forma de su implementación, concluyendo que la implementación de este sistema de producción de energía renovable contribuye a mitigar los impactos ambientales en la actualidad.

Palabras clave: *Energía, biomasa, biodigestor, biogás, generación, generador.*

ABSTRACT

The accelerated progress of the world generates enormous amounts of waste and an increasing consumption of energy from fossil fuels, for which it is necessary to implement other alternative energy sources. The objective of this research is to carry out a study of renewable energy production through biogas obtained in a biodigester using sanitary discharge. The study was oriented with a quantitative approach, its scope is exploratory and descriptive and its data source is documentary and field. For this study, all the waste from the sanitary discharge generated by the restrooms of the technical faculty, which constitute the population, is considered. For the diagnosis of the electrical load, a documentary analysis of previous studies was carried out, as well as measurements, calculations and technical analysis and diagrams to obtain the necessary information. As a result, the electrical load indicating the total daily energy consumption is 205.02 kWh; the capacity of the power generator was 230.645 KVA; the capacity of the biodigester implies a container with a capacity of 30,000 liters to produce 30.96 m³ of biogas per day; meanwhile, the installation diagrams of the equipment and the electrical connection provided a broad perspective of the dimensions of the equipment and the way of its implementation, concluding that the implementation of this renewable energy production system contributes to mitigate the environmental impacts at present.

Keywords: *Energy, biomass, biodigester, biogas, generation, generator.*

INTRODUCCIÓN

El presente estudio aborda el diseño y análisis de un sistema de producción de energía renovable a través del biogás generado por el procesamiento de residuos sólidos orgánicos provenientes de descargas sanitarias, enfocado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. La energía renovable es una prioridad global en la lucha contra el cambio climático y la dependencia de fuentes no sostenibles, siendo el biogás una alternativa que no solo contribuye a la generación de energía limpia, sino que también fomenta el manejo adecuado de los residuos (Angel-Cuapio et al., 2016; Sánchez, 2019). Por ello según Angel-Cuapio et al. (2016) el biogás es una fuente energética eficiente derivada del tratamiento anaerobio de materia orgánica, con aplicaciones directas en el consumo doméstico e industrial.

En las últimas décadas, la utilización de combustibles fósiles ha incrementado de manera significativa la emisión de gases de efecto invernadero (Hurtado, 2021). Sumado a esto, cada año se generan millones de toneladas de desechos orgánicos biodegradables de diferentes sectores como el agropecuario, industrial, hospitalario, e incluso en instituciones, entre otros. La mayoría de los cuales terminan en rellenos sanitarios (Deléage et al., 2021). Es por ello por lo que, la contaminación por residuos orgánicos tiende a buscar alternativas para la optimización de su manejo, evitando generar gases contaminantes, mitigando el volumen de basura y proporcionando beneficios económicos por medio de la producción de energía limpia (Giubi et al., 2019; Nuñez Navarro et al., 2021).

En Ecuador, se estima que los residuos orgánicos representan cerca del 58% de los desechos sólidos generados (INEC, 2022), lo que evidencia el potencial del país para desarrollar iniciativas de bioenergía que contribuyan a la sostenibilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a los antecedentes, diversos estudios han documentado la implementación de sistemas de producción de biogás en diferentes contextos, mostrando su viabilidad técnica, económica y ambiental. Por ejemplo, Ajayi et al. (2020) evaluaron la eficiencia de biodigestores instalados en universidades de Nigeria, concluyendo que estos sistemas no solo reducen significativamente la huella ambiental de las instituciones, sino que también contribuyen al ahorro energético al aprovechar los residuos orgánicos generados en campus estudiantiles. En una línea similar, Moset et al. (2019) llevaron a cabo un análisis en

Dinamarca sobre el impacto de los biodigestores de pequeña escala en comunidades locales, demostrando que estos son capaces de generar un suministro energético estable para instituciones educativas y viviendas cercanas.

En América Latina, se han realizado esfuerzos por estudiar y aplicar sistemas de biodigestión en distintos ámbitos. Castillo et al. (2019) realizaron un estudio en Colombia donde evaluaron la capacidad de los biodigestores para tratar residuos orgánicos urbanos, encontrando que su implementación no solo disminuyó la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también logró generar biogás suficiente para satisfacer el consumo energético de pequeñas instituciones educativas. De igual manera, Torres et al. (2021) exploraron el uso de biodigestores en comunidades rurales de México, destacando su capacidad para procesar desechos orgánicos y convertirlos en energía renovable para el consumo local, al mismo tiempo que reducían la contaminación de aguas residuales.

En Ecuador, los estudios relacionados con la producción de biogás son limitados, aunque se han realizado investigaciones en comunidades rurales enfocadas en biodigestores de baja capacidad. Por ejemplo, García et al. (2020) analizaron la implementación de biodigestores en pequeñas fincas ganaderas de la provincia de Manabí, demostrando que el biogás generado puede sustituir hasta un 60% del consumo de gas licuado de petróleo en actividades domésticas. Sin embargo, estos estudios no han abordado el potencial de la biodigestión en contextos urbanos ni su aplicación en instituciones educativas como las universidades.

Energía renovable a través del procesamiento de residuos sólidos orgánicos a nivel global

A nivel global, investigaciones como la de Kinyua et al. (2021) han explorado avances tecnológicos en el diseño de biodigestores, destacando la importancia de optimizar el proceso de digestión anaerobia mediante sistemas híbridos que mejoran la eficiencia en la producción de biogás. Este tipo de desarrollos tecnológicos podría aplicarse en universidades, donde los residuos orgánicos derivados de las descargas sanitarias representan una fuente constante de materia prima. A pesar de estos avances, aún existe un vacío importante en la integración de estas tecnologías en el ámbito universitario en países en desarrollo, particularmente en Ecuador, donde las iniciativas para el manejo de residuos y la generación de energías renovables en universidades son prácticamente inexistentes.

En resumen, aunque se ha demostrado la viabilidad técnica del uso de biodigestores en diferentes contextos internacionales y latinoamericanos, existe una carencia de estudios específicos sobre la implementación de sistemas de biodigestión en universidades ecuatorianas. Esto plantea la oportunidad de explorar el potencial del biogás como una solución sostenible en este contexto, contribuyendo no solo al manejo adecuado de los residuos, sino también al suministro de energía renovable, en línea con los objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones globales. Este vacío en la literatura científica es uno de los principales motivadores de este estudio, que busca abordar esta brecha con un enfoque aplicado y contextualizado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

El presente estudio

La importancia del presente estudio radica en varios aspectos. Desde un **valor teórico**, busca llenar el vacío existente en la literatura al proponer un modelo de producción de energía renovable basado en residuos sólidos orgánicos, específicamente en el contexto universitario ecuatoriano. Desde una **utilidad metodológica**, este estudio introduce una metodología que incluye el análisis de la carga eléctrica, el cálculo del volumen de biogás y la representación esquemática de la instalación del sistema, aportando herramientas prácticas para futuras investigaciones. En cuanto a su **relevancia social**, el proyecto tiene el potencial de beneficiar a la comunidad universitaria mediante la reducción de costos energéticos y la promoción de prácticas sostenibles, además de servir como modelo replicable en otras instituciones. Finalmente, desde una **implicación práctica**, esta investigación contribuye al manejo adecuado de los residuos sólidos, la reducción de emisiones contaminantes y la generación de energía renovable para el consumo local, ayudando a mitigar problemas ambientales y económicos.

El objetivo general del estudio es diseñar y analizar un sistema de producción de energía renovable basado en el biogás obtenido a través del procesamiento de residuos sólidos orgánicos de las descargas sanitarias en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Para alcanzar este propósito, se plantean los siguientes objetivos específicos: (1) Diagnosticar la carga eléctrica requerida para implementar un biodigestor eficiente en el campus universitario; (2) Calcular el volumen de biogás potencialmente generable a partir de los residuos sólidos orgánicos disponibles; y (3) Diseñar un esquema técnico detallado que represente las medidas y disposiciones necesarias para la instalación del sistema de

biodigestión. Este enfoque busca integrar soluciones sostenibles que respondan a las necesidades energéticas y ambientales de la institución, alineándose con las metas globales de sostenibilidad.

METODOLOGÍA

Diseño

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo debido a que se centró en la medición, análisis y cálculo del volumen de biogás generado a partir de los residuos sólidos orgánicos provenientes de descargas sanitarias, siguiendo procedimientos sistemáticos y objetivos. El diseño empleado fue de tipo no experimental transversal, ya que los datos se recolectaron en un único momento temporal, sin manipular las variables del estudio. Este diseño fue elegido debido a que permite evaluar las condiciones actuales del sistema de producción de biogás y los residuos generados, garantizando la validez de las mediciones en un contexto natural.

Objeto de estudio

Para este estudio se trabajó con residuos sólidos orgánicos provenientes de las descargas sanitarias de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. La selección de los puntos de muestreo de residuos fue realizada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, priorizando aquellos lugares con mayor generación de descargas sanitarias para garantizar representatividad en la estimación del volumen de biogás.

Unidades de análisis

La población de este estudio está constituida por la descarga sanitaria generada por los baños de la facultad técnica, la cual se genera de manera continua en estas instalaciones y se utilizará como materia prima para la producción de biogás mediante un biodigestor. En este estudio, se considera la totalidad de los residuos generados de la descarga sanitaria con el fin de producir el biogás que pretende cubrir la demanda energética.

Instrumentos

La recolección de datos se realizó a través de dos herramientas principales:

Diagnóstico eléctrico: Se utilizó un instrumento técnico para el análisis de la carga eléctrica necesaria para el funcionamiento del biodigestor y el aprovechamiento del biogás producido.

Cálculo del volumen de biogás: Se emplearon fórmulas estandarizadas basadas en principios de ingeniería ambiental, considerando el volumen y la composición de los residuos generados, así como la capacidad teórica del biodigestor.

Adicionalmente, se diseñaron diagramas técnicos que representaron el esquema de instalación de los equipos, mostrando las medidas y disposiciones necesarias para su implementación.

Procedimiento

El estudio inició con el análisis diagnóstico de los residuos generados en las descargas sanitarias, identificando los volúmenes promedio y su composición orgánica. Posteriormente, se calculó la capacidad del biodigestor en función del volumen estimado de biogás a producir. Se realizaron representaciones gráficas mediante diagramas técnicos para detallar las medidas y el esquema de instalación del sistema de producción de biogás, asegurando la correcta interpretación de los resultados y su aplicación práctica. Tras esto, se depuró y sistematizó los datos para dar paso al análisis estadístico, el contraste de hipótesis y la elaboración del informe de investigación. Se garantizaron criterios éticos en el manejo de información y el diseño del sistema propuesto.

Análisis de datos

Para el análisis de datos, se utilizaron cálculos ingenieriles específicos, centrados en estimar el volumen de biogás producido. Además, se emplearon métodos de estadística descriptiva para analizar las características de los residuos y la carga eléctrica requerida. Los diagramas de instalación se evaluaron desde una perspectiva técnica para validar la viabilidad del sistema propuesto.

Este enfoque metodológico garantiza la precisión en los cálculos y asegura la factibilidad del sistema de producción de biogás en el contexto específico de la universidad.

RESULTADOS

Diagnóstico de la carga eléctrica

El diagnóstico de las cargas eléctricas posibilita determinar el consumo de energía eléctrica de las mismas, para lo cual se efectuó un análisis documental de proyectos anteriores que ya lo habían efectuado. En la Tabla 1 se señala la definición y cuantificación de las cargas.

Departamentos	Carga		
	Puntos de Luz	Tomacorriente 120 voltios	Tomacorriente 240 voltios
Secretaría	7	7	2
Coordinación Académica	2	6	1
Coordinación Académica 2	3	4	1
Centro de apoyo docente	3	5	1
Director de Carrera de Telecomunicaciones; Maestría en Telecomunicaciones; Coordinación de Ing. Agropecuaria; Instituto de Transferencia Tecnológica ITT; Dirección Granja el Limoncito.	6	9	3
Decanato	7	8	1
Consejería Estudiantil; Asistente de Decanato; Director de Carrera de Agropecuaria; Pasillos.	11	7	2
Sala de profesores, cafetería y baños	12	17	2
Exteriores del área Administrativa de la FETD	5	5	0
TOTAL	56	68	13

Tabla 1. Definición y cuantificación de cargas

Nota: Adaptado de Cantidad de puntos de luz y tomas de corriente, por M. León, 2018

Horarios de demanda energética el edificio de administración

Se considerarán los horarios de funcionamiento del edificio de administración de la facultad técnica, ya que esta funciona con horarios de atención específicos, los cuales se considerarán para calcular la demanda energética. En la Tabla 2, se señala los horarios de utilización de los equipos.

Carga	Potencia (W)	Horario de Uso
Acondicionadores de aire	1920	09h00 – 16h00
Acondicionadores de aire	1150	09h00 – 16h00
Acondicionadores de aire	2000	09h00 – 16h00
Computadoras	60	09h00 – 16h00
Tomas de corriente para otros usos	120	09h00 – 16h00
Puntos de luz	100	09h00 – 19h00
Refrigeradora	420	24 horas

Televisor	60	12h00 – 14h00
Microondas	1000	12h00 – 13h00
Luces exteriores	100	18h00 – 23h00
Reflectores	300	18h00 – 23h00

Tabla 2. Potencia de las cargas

Nota: Adaptado de Horarios de utilización de equipos, por M. León, 2018

Acondicionadores de aire

Se considerarán también los acondicionadores de aire del edificio de administración de la facultad técnica, los cuáles aportan información esencial para este estudio. En la Tabla 3 se señala el cálculo para estos equipos.

Acondicionadores de aire				
Cantidad	Potencia de funcionamiento por unidad (kW)	Potencia total (kW)	Horas de funcionamiento	Cantidad de Wh
3	1,92	5,76	7	40,32
7	1,15	8,05	7	56,35
7	2	6	7	42

Tabla 3. Acondicionadores de aire

Nota: Adaptado de Cálculo para equipos de acondicionamiento de aire, por M. León, 2018

Carga total

La Tabla 4 señala el consumo diario y potencia instalada por departamentos existentes en el edificio de administración de la facultad técnica.

Departamentos	Potencia de la carga en W	Factor de coincidencia 0,9	Consumo diario por departamento Wh	Factor de coincidencia 0.9
Secretaría	3874	3486,6	28588	25729,2
Coordinación Académica	1708	1537,2	19516	17564,4
Coordinación Académica 2	1706	1535,4	19712	17740,8
Centro de apoyo docente	1234	1110,6	8968	8071,2
Director de Carrera de	4900	4410	35560	32004

Telecomunicaciones; Maestría en Telecomunicaciones; Coordinación de Ing. Agropecuaria; Instituto de Transferencia Tecnológica ITT, Dirección Granja el Limoncito.				
Decanato	2792	2512,8	28064	25257,6
Consejería estudiantil; Asistente de Decanato; Director de Carrera de Agropecuaria; Pasillos del área Administrativa de la FETD	2898	2608,2	22596	20336,4
Sala de profesores, cafetería y baños	4882	4393,8	36604	32943,6
Exteriores del área Administrativa de la FETD	1010	909	5410	4869
TOTAL	25004	22503,6	205018	184516,2

Tabla 4. Detalle de carga total

Nota: Adaptado de Consumo diario y potencia instalada por departamentos, por M. León, 2018

Del análisis de la carga total, se resalta que el consumo diario de energía eléctrica en las diversas áreas alcanza los 205,018 Wh. Este valor representa el total de energía requerida diariamente para el funcionamiento de todas las áreas analizadas.

Capacidad de los equipos, del generador eléctrico y biodigestor

Para este estudio, el tamaño y la capacidad de los equipos se estiman según la demanda que se quiere suplir. En primera instancia se calculará la capacidad del generador eléctrico y después la del biodigestor.

En primer lugar, la capacidad del generador fue calculada por la capacidad del generador de potencia, se usa la carga total a suministrar y luego se utiliza una fórmula específica.

$$KVA = KW / \cos\phi$$

La fórmula para calcular la capacidad del generador (KVA) resulta de dividir la carga total del edificio dada en KW (potencia aparente) para el coseno del ángulo, entre la potencia aparente y la potencia activa.

$$184.516 \text{ KW} / 0.8 = 230.645 \text{ KVA}$$

El cálculo señaló que, para abastecer energía eléctrica de manera constante durante las horas de servicio de las cargas diariamente para todo el edificio de la facultad, se necesita de un generador de 230.645 KVA de capacidad.

En cuestión a la capacidad del biogestor se tomó en cuenta las características del terreno, las exigencias energéticas del edificio de la facultad y la capacidad del generador necesario para abastecerlo, el tamaño del biodigestor se calcula mediante un factor de conversión:

$$1m^3biogas = 5.96 KWh \text{ energía eléctrica}$$

En el proceso de conversión de biogás a electricidad, un metro cúbico de biogás genera 5.96 kilovatios de energía eléctrica. Considerando datos de la Tabla 4, posibilita determinar el volumen de biogás necesario para satisfacer la demanda energética del edificio de la facultad, mediante el correspondiente factor de conversión.

$$184.516 KWh \frac{1m^3biogas}{5.96 KWh} = 30.96 m^3 \text{ biogás}$$

El biodigestor tiene que producir 30.96 m³ de biogás diarios, para lo cual se necesita un contenedor de 30,000 litros o 7500 galones para producir 30 m³ de biogás al día. Por lo tanto, se requieren 1000 litros de mezcla de materia prima y agua para generar 1 m³ de biogás, en otras palabras, se necesita de 1000 litros de descarga sanitaria realizada por los baños de la facultad.

Selección del biodigestor

De los modelos que hay en el mercado, el modelo más apropiado para la producción requerida es el RC6, el cual tiene los requisitos técnicos y dimensiones adecuadas para generar 30 metros cúbicos de biogás al día. La tabla 5 indica los modelos de biodigestores, indicando su producción de biogás, sus dimensiones de la zanja a ocupar, así como su valor económico.

Escala	Modelos	Biodigestor		Dimensiones de la Zanja				Precios Dólares
		Producción Biogás	Producción Biol	Ancho mayor	Ancho menor	Profundidad	Largo	
		m ³ /día		m				
Familiar	RC1	3	0,3	1,3	1,0	1,2	9	2000
	RC2	6	0,6	1,5	1,1	1,4	14	2500

Comercial	RC3	10	1,0	1,8	1,4	1,7	15	4100
	RC4	15	1,5	2,1	1,6	2,0	18	4800
	RC5**	21	2	2,3	1,8	2,2	18	5400
	RC6**	31	3	2,6	2,0	2,5	20	6150
	RC7**	46	5	3,1	2,3	2,9	22	7100
	RC8**	61	6	3,4	2,5	3,2	26	8000

Tabla 5. Catálogos de equipos de biogestores en Ecuador

Nota: Adaptado de Catálogos de equipos Biodigestores Ecuador, por Biodigestores Ecuador, 2018

Esquema de instalación de los equipos y de la conexión eléctrica

El esquema del biodigestor ilustra el diseño básico de un sistema de producción de biogás, en el cual los desechos orgánicos, mezclados con agua, son introducidos al sistema formando una solución de agua y excretas. Este diseño señala la eficiencia de los biodigestores para convertir residuos orgánicos en energía renovable, convirtiéndose en una solución sostenible para la gestión de desechos y la producción de combustible limpio. La Figura 1 muestra el diseño básico de un biodigestor, construyendo un canal en “V” en el suelo para asentarlo.



Figura 1. Esquema del Biodigestor

Medidas de la fosa del biodigestor

Las dimensiones de la fosa diseñada para albergar el biodigestor tienen una longitud de 20 metros para asentar el mismo, cuyo ancho menor es de 2 metros, el ancho mayor de 2.6 metros y una profundidad de 2.5 metros. Estas medidas han sido estimadas para garantizar

un volumen apropiado que posibilite el almacenamiento y procesamiento eficiente de los desechos orgánicos necesarios para la producción de biogás, garantizando además que la estructura sea funcional y segura. La Figura 2 señala las dimensiones de la fosa para albergar el biodigestor.

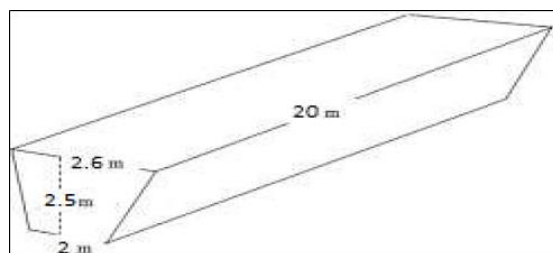


Figura 2. Esquema de la fosa del biodigestor

Esquema del generador de energía eléctrica

Por ello, las dimensiones de este generador, modelo C230N6, según las especificaciones del fabricante Cummins (2017) abarcan la dimensión "A" que es de 3734 mm (147 pulgadas), la dimensión "B" que es de 1765 mm (70 pulgadas) y la dimensión "C" es de 1997 mm (79 pulgadas). Estas dimensiones son esenciales para el cálculo del espacio físico necesario para la instalación del generador, que se estima en un área total de 60 m². La Figura 3 ilustra las medidas del generador de energía.

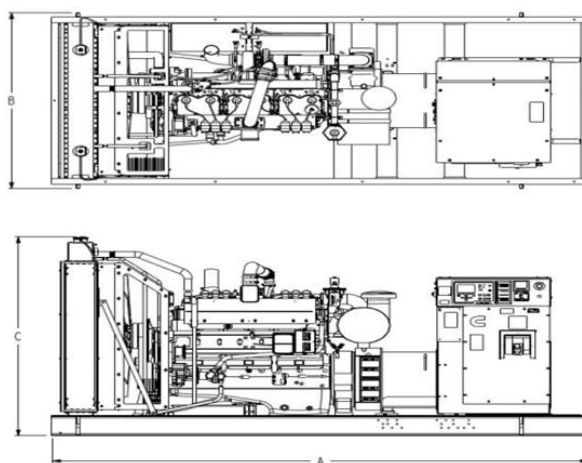


Figura 3. Medidas del generador de energía en su vista aérea y lateral

Nota: Adaptado de la Ficha Técnica, por Cummins, 2017

Esquema de la conexión eléctrica de este sistema

El esquema de conexión eléctrica de este estudio integra los componentes necesarios para la generación y distribución de energía renovable generada a base del biogás obtenido del biodigestor. Este diseño señala la conexión del generador eléctrico, dimensionado acorde a la carga total instalada en la facultad, con el sistema de distribución interna de energía que alimentará las diversas áreas de la instalación. Este sistema toma en cuenta la demanda de energía de la facultad y garantiza que el biogás obtenido del biodigestor sea usado de manera eficiente. La Figura 4 señala el diseño de la conexión eléctrica de este sistema.

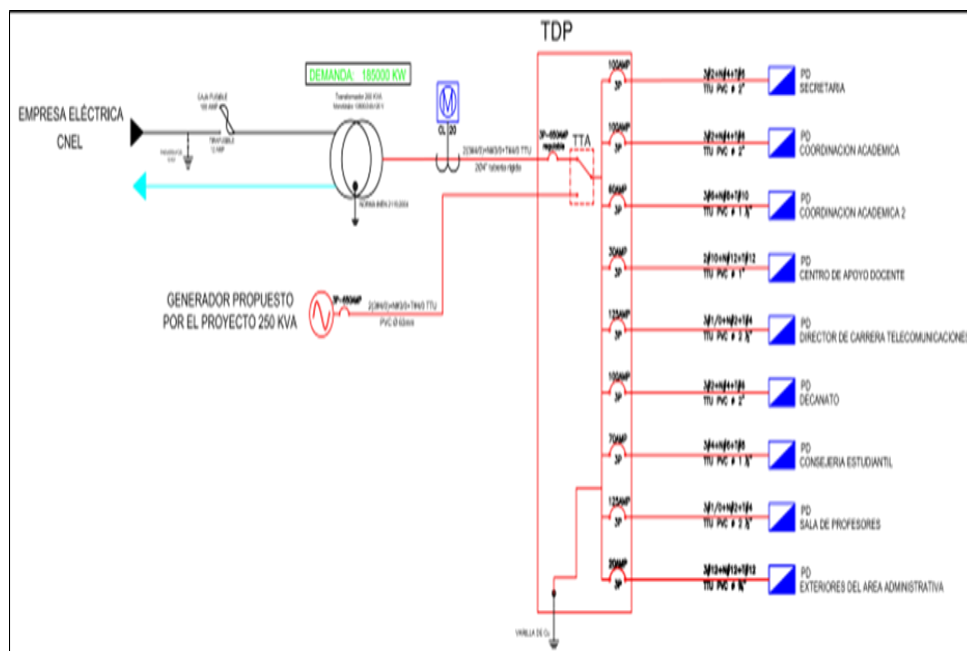


Figura 4. Esquema de la conexión eléctrica del proyecto mediante un diagrama unifilar

DISCUSIÓN

De los hallazgos de este estudio, el diagnóstico de la carga total reveló que el consumo diario de energía eléctrica en los diferentes departamentos alcanza los 205,018 Wh. Se requiere de un generador de 230.645 KVA de capacidad para suministrar esta energía para el edificio. Esto conlleva a requerir un biodigestor que produzca 30.96 m³ de biogás diarios, para lo cual se necesita un contenedor de 30,000 litros o 7500 galones para producir 30 m³ de biogás al día. Por otra parte, los esquemas de instalación de los equipos ilustraron su posible instalación en un espacio determinado de acuerdo a las características de cada

equipo. Del mismo modo, el esquema de la conexión eléctrica considera la demanda de energía requerida por el edificio.

Mientras tanto, los resultados de otros estudios como el de Ayala et al. (2022), obtienen el dimensionamiento o capacidad del biodigestor en base a los residuos húmedos utilizables que provienen de 10 cabezas de ganado, que ascienden 186.5 kg diarios, cantidad que produce 25 kwh de energía total al día. Sin embargo, este estudio utilizará la descarga sanitaria de la facultad para producir la energía suficiente.

En el estudio de Gómez et al. (2020), los resultados de la estimación de producción teórica diaria de biogás están en base a la cantidad de residuos que genera el establecimiento donde está dirigido su proyecto, que corresponde a 513.59 m³, del mismo modo, el promedio de consumo eléctrico mensual del establecimiento fue de 54 610 kWh, por lo tanto, la energía mensual a generar con su sistema de aprovechamiento sería de 2 985 kWh, es decir, se cubrirá un 5.5% de la demanda energética.

En el estudio de Linares-Lujan et al. (2017) se estimó que si se aprovecha las excretas de la población se puede obtener 3427.49 Nm³/día de biogás que representa 1'251,033 Nm³ de biogás anual, el biogás que se generaría representa un potencial energético de 7'506,198 kWh, que se puede transformar en 2'251,859 kWh de electricidad. Mientras que, en el estudio de Giubi et al. (2019), en su sistema dos estudiado, la estimación para la obtención del biogás mensual necesario para el establecimiento requiere un promedio de producción de residuos de cocina de 22077±780 kilos al mes, estimándose una producción de 1485± 61 litros de biogás.

CONCLUSIONES

El análisis de la carga eléctrica del edificio de la facultad señala que el consumo diario total de energía es de 205.02 kWh. Esta cantidad señala la energía que se necesita para que todos los departamentos funcionen. Además, plantea la base para el diseño de este sistema renovable, con un biodigestor, que cubra este consumo, para contribuir a la sostenibilidad del campus y a la optimización del uso de recursos energéticos.

La capacidad del generador eléctrico para el abastecimiento de las demandas energéticas del edificio de la facultad es de 230.645 KVA. La capacidad de este generador asegura el suministro de energía eléctrica constante durante las horas de servicio, garantizando que se

cumplan las necesidades energéticas del edificio de manera óptima y sin interrupciones, lo cual es fundamental para el buen funcionamiento de las instalaciones.

La capacidad del biodigestor, el cual considera la demanda energética del edificio, implica un contenedor con una capacidad de 30,000 litros, equivalente a 7500 galones, capaz de generar la cantidad de biogás necesaria para satisfacer la demanda energética del edificio, dado que se requiere producir 30.96 m³ de biogás diarios para suministrar la demanda diaria del sistema eléctrico del edificio.

Finalmente, el diseño del biodigestor pretende respaldar la producción de biogás a partir de la descarga sanitaria del edificio y la fosa diseñada para albergar el biodigestor asegura que el biodigestor sea asentado de manera apropiada. Por otro lado, el generador eléctrico Cummins C230N6, ha sido considerado en base a la capacidad necesaria para abastecer las demandas energéticas. Mientras tanto, el esquema de la conexión eléctrica, asegura un suministro constante y eficiente de electricidad. En conjunto, el esquema de instalación y la conexión eléctrica permiten una operación integrada que maximiza el aprovechamiento de los recursos renovables y la fiabilidad del sistema energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajayi, O. E., Aladejana, A. A., & Ijomah, W. (2020). Feasibility assessment of biogas production in Nigerian universities: Case study of a small-scale biodigester. *Renewable Energy*, 147, 1508-1519. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.096>
- Angel-Cuapio, A., Escamilla-Lozano, Y., y Serrano-Maldonado, M. J. (2016). Obtención de energía a partir de residuos sólidos: Situación actual en el Estado de México. *Revista de Investigación y Desarrollo*, 2(5), 71-76. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V2_N5_9.pdf
- Ayala, S., Jijón, P., y Chacha, P. (2022). Estudio de un sistema de energía renovable para la producción de biogás a partir del estiércol de ganado en la hacienda Nueva Esperanza (Cotopaxi, Ecuador). *Espacios*, 43(05), 64-72. <https://www.revistaespacios.com/a22v43n05/a22v43n05p05.html>

- Castillo, A. G., Gómez, J. A., & Ruiz, H. M. (2019). Uso de biodigestores para el tratamiento de residuos orgánicos en zonas urbanas de Colombia. *Revista de Energía y Medio Ambiente*, 14(3), 55-65. <https://doi.org/10.1234/REME.2019.009>
- Coello, S. (2023). Valoración energética de los residuos sólidos orgánicos urbanos de la ciudad de Guayaquil para la generación de biogás a través de un biodigestor. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/34409>
- Cummins. (2017). Ficha Técnica. https://www.cummins.com/sites/default/files/2018-09/C230N6_A042J415.pdf
- Deléage, J.-P., Hémerly, D., & Zahrawi Haj-Younes, R. (2021). De la eco-historia a la ecología-mundo. *Relaciones Internacionales*, (47), 53–66. <https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2021.47.002>
- García, M. A., Ramírez, C. R., & Aguirre, A. J. (2020). Implementación de biodigestores en fincas ganaderas de la provincia de Manabí, Ecuador: Evaluación técnica y ambiental. *Revista Ecuatoriana de Energía y Sostenibilidad*, 6(2), 123-136. <https://doi.org/10.3384/REEC.2020.045>
- Giubi, J., Bernal, M., y Cañete, F. (2019). Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Hospital de Clínicas: Un estudio preliminar. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas*, 52(3), 53-58. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/12/1026621/v52n3a06.pdf>
- Gómez, A., Espitia, J., y Brun, J. (2020). Propuesta de aprovechamiento energético a partir de biogás: Caso del Establecimiento Penitenciario y Carcelario “Las Mercedes” de Montería, Colombia. *Environment y Technology*, 1(1), 79-95. <https://revistaet.environmenttechnologyfoundation.org/index.php/envitech/article/view/31/23>
- Hurtado, S. (2021). Aspectos químicos: La contaminación de la capa de ozono. *Semilla Científica: Revista de Investigación Formativa*, 177–182. <https://repositorio.umecit.edu.pa/handle/001/4623>
- INEC (2022). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Insituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentaci%C

- 3%B3n%20residuos%202021%20v07JA_CGTP%20(Rev%20%20CGTPE)%20(Rev.%20Dicos).pdf
- Kinyua, A. M., Nderitu, J. K., & Mwangi, L. K. (2021). Technological advancements in biodigestion systems: A review of hybrid systems for enhanced biogas production. *Energy Reports*, 7, 2218-2232. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.045>
- León, M. (2018). Estudio técnico y económico para la implementación de paneles solares en el área administrativa de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil [Tesis de Doctorado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10269/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-143.pdf>
- Linares-Lujan, G., Echeverria-Perez, C., y Cespedes-Aguilar, T. (2017). Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogas obtenido de excretas humanas. *Tecnología en Marcha*, 30(4), 108-117. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3415/pdf
- Moset, E., Pedersen, H., & Jensen, T. (2019). Feasibility of small-scale biogas plants for community energy in Denmark. *Waste Management & Research*, 37(12), 1147-1155. <https://doi.org/10.1177/0734242X19894072>
- Núñez Navarro, H., Viggiani Villadiego, I., Mendivil Ternera, M., Mojica Herazo, J., & Rojas Millán, R. (2021). Estudio de estrategias verdes como medida para mitigar la contaminación marina generada por buques. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 2(2), 43–53. <https://doi.org/10.17981/bilo.02.02.2020.06>
- Osejos-Merino, M., Jaramillo-Véliz, J., Merino-Conforme, M., Quimis-Gómez, A., y Alcívar-Cobeña, J. (2018). Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 4(1), 709-733. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/788/pdf>
- Reyes, E. (2016). Producción de biogas a partir de Biomasa. *Revista Científica Estelí*(17), 11-22. Obtenido de <https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/2610/2360>

- Sánchez, K. (2019). Energía Renovable: Hidrógeno como Vector Energético. Especialización En Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial, 1–13. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/48973>
- Torres, E. G., Rodríguez, C. E., & Medina, R. J. (2021). Aplicación de biodigestores en comunidades rurales de México para la generación de energía renovable: Estudio de caso en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Energía Renovable*, 13(1), 77-89. <https://doi.org/10.1007/s13133-021-00455-5>