

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE JAÉN**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA GENERADOR DE**  
**ENERGÍA ELÉCTRICA CON BIOGÁS PRODUCIDO POR**  
**ESTIÉRCOL DE CERDOS, EN LA GRANJA DON**  
**VÍCTOR, JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores:** Bach. Jhonatan Lozano Olano  
Bach. Dermalay Gonzales Cuchupoma

**Asesor:** Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

**Línea de investigación:** Energías alternativas

**JAÉN-PERÚ, NOVIEMBRE, 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE JAÉN**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA GENERADOR DE**  
**ENERGÍA ELÉCTRICA CON BIOGÁS PRODUCIDO POR**  
**ESTIÉRCOL DE CERDOS, EN LA GRANJA DON**  
**VÍCTOR, JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores:** Bach. Jhonatan Lozano Olano  
Bach. Dermalay Gonzales Cuchupoma

**Asesor:** Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

**Línea de investigación:** Energías alternativas

**JAÉN-PERÚ, NOVIEMBRE, 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROPUESTA DE UN SISTEMA GENERAD  
OR\_V1.pdf**

AUTOR

**Jhonatan Lozano Olano y Dermalyn Gonza  
les Cuchupoma**

RECuento DE PALABRAS

**16495 Words**

RECuento DE CARACTERES

**86374 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**79 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Dec 1, 2023 12:26 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Dec 1, 2023 12:27 PM GMT-5**


● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
*Dr. Christian Zayas Apaza Panca*  
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

**FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 14 de diciembre del año 2023, siendo las 12:05 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Mario Felix Olivera Aldana .....  
Secretario : Mg. Lenin Franchescoeth Nuñez Pintado .....  
Vocal : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón.....  
para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- ( ) Trabajo de Investigación  
( X ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

**PROPUESTA DE UN SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON BIOGAS PRODUCIDO POR ESTIÉRCOL DE CERDOS, EN LA GRANJA DON VÍCTOR, JAÉN”.**

Presentado por estudiante/egresado o Bachiller, Gonzales Cuchupoma, Dermal y / Lozano Olano, Jhonatan, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

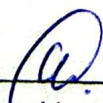
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:


( X ) Aprobar      ( ) Desaprobar      ( X ) Unanimidad      ( ) Mayoría

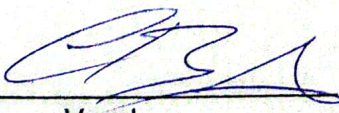
Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 14 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 12:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## INDICE

I.	INTRODUCCION.....	9
1.1.	Antecedentes.....	9
	A nivel internacional. ....	9
	A nivel nacional.....	12
	A nivel local. ....	13
1.2.	Problemática .....	15
1.3.	Planteamiento del problema .....	17
1.4.	Formulación del problema.....	17
1.5.	Hipótesis .....	17
1.6.	Justificación .....	18
	Justificación económica.....	18
	Justificación social.....	18
	Justificación ambiental. ....	18
	Justificación tecnológica.....	18
1.7.	Objetivos.....	19
	Objetivo general. ....	19
	Objetivos específicos .....	19
II.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	20
2.1.	Objeto de estudio .....	20
2.2.	Ubicación del área de estudio .....	20
2.3.	Procedimientos .....	22
2.3.1.	Diagrama de procesos para el sistema generador de energía eléctrica con biogás producido con estiércol de cerdos. ....	22
2.3.2.	Determinación de la producción de estiércol y orina de los cerdos de la granja don Víctor:.....	23
2.3.3.	Determinación de la producción de biogás.....	23
2.3.4.	Calculó de la demanda de energía eléctrica de la granja Don Víctor:.....	26
2.3.5.	Diseño de un sistema generador de energía eléctrica que funcione con biogás: .	26
2.3.6.	Evaluación técnica y económicamente la propuesta. ....	27
	Tasa interna de retorno (TIR) .....	27
	Valor actual neto (VAN) .....	28
	Bonos de carbono .....	28

III.	RESULTADOS .....	29
3.1	Determinación de la producción de estiércol y orina de los cerdos de la granja Don Víctor .....	29
3.1.1.	Cálculo de cerdos de la granja .....	29
3.1.2.	Cantidad de agua de lavado .....	30
3.1.3.	Cálculo de la cantidad del estiércol y orina de cerdo por día. ....	31
3.1.4.	Cálculo del agua residual o purín .....	32
3.1.5.	Determinación de la carga diaria del biodigestor .....	32
3.1.6.	Determinación de la producción de biogás.....	33
3.1.7.	Resultados de la evaluación de biogás generada por estiércol de cerdo .....	34
3.1.8.	Biodigestor laguna cubierta. ....	35
3.2	Cálculo de la demanda de energía eléctrica de la granja Don Víctor.....	44
3.2.1.	Electro Oriente S.A.....	44
3.2.2.	Análisis y cálculo de la potencia instalada y máxima demanda, kWh. ....	45
3.3	Diseño del sistema generador de energía eléctrica que funcione con biogás .....	48
3.3.1.	Cómputo de la energía (E).....	48
3.3.2.	Generador .....	49
3.3.3.	Sistema eléctrico.....	50
3.4	Evaluación técnica y económica de la propuesta. ....	52
3.4.1.	Costos de instalación inicial de la propuesta .....	52
3.4.2.	Ingresos.....	54
3.4.3.	Egresos .....	55
3.4.4.	Para los primeros 10 años de instalación calculado con el VAN y TIR en Excel. ....	56
IV.	DISCUSION .....	59
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
5.1	Conclusiones.....	61
5.2	Recomendaciones .....	63
VI.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción diaria de estiércol y orina por cerdo .....	11
Tabla 2 Para calcular la producción de biogás, se va considerado los valores fundamentales dados por la GTZ.....	24
Tabla 3 Clasificación de los cerdos según etapa de vida y género.....	29
Tabla 4 Computo de agua de lavado de la Granja Don Víctor.....	30
Tabla 5 Cantidad de estiércol diaria más orina de los cerdos de la Granja Don Víctor según la (FAO).....	31
Tabla 6 Cómputo de agua residual de la Granja Don Víctor.....	32
Tabla 7 Determinación del tipo de biodigestor tomando en cuenta una calificación de (0-20), donde 0 en lo mínimo y 20 el máxima puntaje. ....	34
Tabla 8 Selección de los tubos recolectores de biodigestor .....	36
Tabla 9 Cómputo del tiempo de retención.....	38
Tabla 10 Consumo de energía eléctrica durante los últimos doce meses.....	44
Tabla 11 Facturación mensual por consumo de energía eléctrica. ....	45
Tabla 12 Cálculo de la potencia instalada y máxima demanda y los kWh al mes. ....	46
Tabla 13 Datos obtenidos que para el cálculo del generador .....	49
Tabla 14 Valores aproximados en amperios para conductores tipo TH-80 .....	51
Tabla 15 Excavación y componentes para el biodigestor.....	52
Tabla 16 Accesorios del biodigestor. ....	53
Tabla 17 Ingreso estimado a partir del primer mes de instalación de la propuesta.....	55
Tabla 18 Gastos por mantenimiento y cambio de filtros de gas por año.....	55
Tabla 19 Ingresos y egresos estimados para los 10 años de la propuesta .....	56
Tabla 20 Cálculo del VAN Y TIR, en Excel.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del Sector Yanuyacu-Señor Cautivo.....	21
Figura 2 Diagrama de procesos para el sistema de generación de energía eléctrica .....	22
Figura 3 Biodigestor laguna cubierta.....	35
Figura 4 Tuberías de captación.....	36
Figura 5 Conexión de tuberías de captación para el biogás .....	37
Figura 6 Bolsa para almacenamiento.....	40
Figura 7 Sistema de absorción física .....	42
Figura 8 Punto de equilibrio de ingresos y egresos .....	58



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue proponer un sistema generador de energía eléctrica mediante biogás obtenido a partir de estiércol de cerdos en la Granja Don Víctor, Jaén, el cual surge de la necesidad de encontrar soluciones energéticas sostenibles para la granja, debido a los altos costos y la demanda eléctrica existente en el lugar. Este estudio pertenece a un enfoque aplicado, con un nivel cuantitativo, de tipo experimental, de diseño de tipo descriptivo, el cual para concretarse se trabajó con una población de 100 cerdos. El procedimiento en la investigación consistió en recolectar y analizar datos sobre la producción de estiércol y la instalación de un biodigestor tipo laguna. Los resultados obtenidos fueron una producción diaria de 18.92 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>, con un generador 3 kW de potencia, por 12.55 horas se produciría 37.64 kWh por día. A partir del análisis económico, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de 35790.11 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 36%. En conclusión, se evidenció la viabilidad y beneficios del sistema propuesto, sugiriendo que incrementar la población de cerdos podría aumentar la producción de biogás y, por ende, el potencial eléctrico.

**Palabras Clave:** Biogás, energía eléctrica, estiércol de cerdos, biodigestor y viabilidad económica

## ABSTRACT

The objective of this research was to propose an electric energy generating system using biogas obtained from pig manure at Granja Don Víctor, Jaén, which arises from the need to find sustainable energy solutions for the farm, due to the high costs and the existing electric demand in the place. This study belongs to an applied approach, with a quantitative, experimental, descriptive design, which was carried out with a population of 100 pigs. The research procedure consisted of collecting and analyzing data on manure production and the installation of a lagoon type biodigester. The results obtained were a daily production of 18.92 m<sup>3</sup> of CH<sub>4</sub>, with a 3 kW generator, for 12.55 hours would produce 37.64 kWh per day. From the economic analysis, a Net Present Value (NPV) of 35790.11 and an Internal Rate of Return (IRR) of 36% were obtained. In conclusion, the feasibility and benefits of the proposed system were evidenced, suggesting that increasing the pig population could increase biogas production and, therefore, the electrical potential.

**Key words:** Biogas, electric energy, swine manure, biodigester and economic viability.

## I. INTRODUCCION

El uso de la energía eléctrica hoy en día es indispensable para los seres humanos, donde se busca obtenerla de los recursos naturales a un menor precio posible, debido a esto se le propone al dueño de la granja Don Víctor Jaén, diseñar un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos que habitan en su granja, aprovechando el estiércol de una forma muy útil.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de estiércol de cerdo en 2018 fue de aproximadamente 1.1 billones de toneladas, La descomposición del estiércol de cerdo produce metano, un gas de efecto invernadero que es alrededor de 25 veces más potente que el dióxido de carbono. (FAO, 2018). Estas estadísticas demuestran la importancia de implementar tecnologías adecuadas para el manejo del estiércol de cerdo y reducir sus impactos ambientales negativos, como la producción de biogás a partir del estiércol.

La investigación aborda el tema de la producción del biogás a partir de las excretas de cerdo, para luego proponer un sistema generador de energía eléctrica. Tema que resulta relevante por la contribución a un modo de utilización de energía alternativa, de bajos costos. De ese modo resulta muy importante, permitiendo ver las cosas en favor de la sociedad y del medioambiente.

Con relación al trabajo desarrollado, se ha identificado algunos estudios puntuales que han abordado el tema previamente, y ayudan a comprender las dimensiones, costos, proyecciones en contextos distintos. Interesantes para examinar rápidamente cada uno de los antecedentes identificados.

### 1.1. Antecedentes

#### **A nivel internacional.**

Venegas, Raj, & Pinto (2019), en su artículo titulado “*Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas*”, tuvo como objetivo general, “Identificar los municipios más importantes con granjas porcícolas tecnificadas, para calcular el potencial de biogás, energía eléctrica y reducción de dióxido de carbono equivalente con el uso de biodigestores”.

La metodología utilizada en esta investigación fue experimental, por lo tanto, un enfoque cuantitativo orientado a generar cambios importantes. Después de ello, los investigadores trabajaron con 500 cerdos para producir el biogás y diseñaron un biodigestor tipo laguna de 670 m<sup>3</sup> y motogenerador de 10 kWh. A ello se sumaron un biodigestor de 1,450 m<sup>3</sup> y un motogenerador de 30 kWh para una cantidad mayor de cerdos (1,000), han ejecutado el cálculo de la relación costo-beneficio, la tasa interna de retorno y el valor actual neto. Han considerado 13.3% de tasa de descuento. La investigación ha concluido indicando, que las granjas de cerdos son los causales de problemas de contaminación y generan problemas de salud. Por lo tanto, es importante ver como canalizar soluciones. Las soluciones más importantes pasan por la producción de biogás. En ese sentido ha señalado que al evaluar el proyecto ha obtenido un VAN favorable y un TIR superior a la tasa de actualización.

En Ecuador, Osejos-Merino (2018), En Domingo de las Ciencias, Volumen 4, número 1. Con nombre *Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador*, se basó en la aplicación de una gestión integral de los residuos orgánicos, dando un tratamiento químico, físico, biológico y energético, para generar energía eléctrica mediante el tratamiento biológico del estiércol de cerdo y generar beneficios ambientales en el recinto San Carlos, la metodología es de investigación experimental, deductivo y descriptivo, porque de los resultados obtenidos hizo un manejo adecuado del estiércol de cerdo, teniendo un consumo energético de 347 kWh, los cuales eran producidos por motores a GLP, este trabajo se justifica que, al aplicar el tratamiento biológico anaeróbico al estiércol de cerdo, se genera como producto final energía eléctrica con biogás, que a grandes escalas puede ser utilizado para cubrir diversas necesidades energéticas y brindar beneficios ambientales.

FAO (2019), en su colección de Informes Técnicos N.º 5, denominado “*Modelo de negocio de aprovechamiento energético de biogás en criaderos de cerdos*”, tuvo como objetivo general fomentar la participación de las fuentes renovables hasta que éstas alcancen un 20% del consumo de la energía eléctrica nacional en 2025, otorgando a la biomasa una gran relevancia.

El trabajo de la FAO es importante porque hace un análisis de diversas granjas. Un aporte importante es la generación diaria en promedio por efluentes en granjas porcinas. En uno de los cuadros reclutados, se muestra la información siguiente:

Tabla 1

Producción diaria de estiércol y orina por cerdo

Categoría de cerdos	Estiércol (kg/d)	Estiércol + Orina (kg/d)	solo orina (kg/d)
En gestación	3.6	11	7.4
Lactancia	6.4	18	11.6
Lechón	0.35	0.95	0.6
25-100 kg	2.3	4.9	2.6
Machos	3	6	3
Promedio	3.13	8.17	5.04

*Fuente:* FAO, para efectos de la presente investigación ha sido adecuado la ponderación de la orina y el cálculo promedio.

Se ha encontrado para la granja, que el análisis financiero el consumo interno y los costos de operación, es de 422 986 dólares, se tomó como muestra 350 madres, la producción de biogás es de 345,6 m<sup>3</sup>/día – 10 368,0 m<sup>3</sup>/mes, cuando se trata de generación de energía, se dice que es importante utilizar un modelo de generador o Micro T30 – Tedom, con lo cual se tendría una necesidad de energía de 79,1 kWh. usó un biodigestor SEBIGAS, las características del potencial de uso de biogás están dadas por el cálculo de generación de energía, concluyendo que financieramente no es viable el proyecto por su alto costo de inversión, donde su valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) son negativos

### **A nivel nacional.**

Santos (2018), en su tesis titulada “*Evaluación para la generación de energía eléctrica, en base a biogás producido por el estiércol de cerdo en la granja rico cerdo F&G. S.a.c. en la Clake distrito de Reque – Chiclayo-Lambayeque*”, ha tenido como objetivo general, “Evaluar la generación de energía eléctrica en base a biogás producido por el estiércol de cerdo para la granja “Rico Cerdo f&g SAC”. El tipo de método utilizado en esta fue investigación causi-experimental, cualitativa y cuantitativa, donde se ha trabajado con 3521 cerdos. para el cálculo de Energía se procedió primero a calcular la cantidad de metano que se encuentran en el biogás, se sabe que, en la composición del biogás, el 60% es metano. La propuesta señaló que la energía mensual generada será de 52,966.72 kWh y la energía anual será 635,600.69kWh. La granja Rico cerdo f&g SAC cuenta con 3521 cerdos, los cuales producen las siguientes cantidades de estiércol; 21.23m<sup>3</sup>/día, 643.91m<sup>3</sup>/mes, 7727.23m<sup>3</sup>/año. El biodigestor tipo laguna cubierta fue seleccionado de acuerdo a las características y condiciones del lugar, teniendo una capacidad de 1016.71m<sup>3</sup> siendo la carga diaria 44.63 m<sup>3</sup>/día. Se requerirá un generador con una potencia de diseño de 88.277 kW; por la cual fue seleccionado el generador más próximo siendo un generador de 99 kW. Está proyectada a 10 años y tasa de crecimiento 9.5%, el análisis económico arrojó un VAN equivalente de s / 1.139677.950 y una TIR del 68%, determinando que se podría producir electricidad a partir del biogás producido a partir de purines de cerdo.

Esquén (2028), en su tesis titulada “*Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando el biogás obtenido de la conversión del estiércol de ganado porcino en la granja Mocupe, distrito de Lagunas – Chiclayo*”, tuvo como objetivo diseñar un biodigestor doméstico, la metodología utilizada es no – experimental, prospectivo- transversal. El trabajo ha señalado que el ganado porcino logra producir 6% del total de su peso vivo por día en estiércol y 2% en orina. El diagnóstico de la demanda señala que, la Potencia Instalada es de 945 W. La Máxima Demanda es de 472,5 W; mientras que la energía consumida en un día es de 2345 kWh. El biodigestor fue de tipo tubular o taiwanés. Una razón para optar por ello ha sido su bajo costo.

Otra razón es la facilidad de su mantenimiento, con lo cual el granjero puede administrarlo sin problemas. Además, su forma cilíndrica lo convierte en un biodigestor eficiente. Se ha señalado que al utilizar un generador eléctrico de 500 W/h, la viabilidad del proyecto radica en su bajo costo o en un costo accesible. La evaluación del VAN arroja un monto de S/. 1154,91, frente a un 24% TIR. Los beneficios del proyecto son la generación de energía eléctrica, el aprovechamiento del estiércol como productor de biogás y como abono.

### **A nivel local.**

Si bien en el contexto local, no se ha identificado trabajos directamente relacionados por las variables, los propósitos o el contexto; se encuentra algunos que sirven de referencia de modo parcial. Así se citan, las siguientes:

Garay y Alberca (2019) en su tesis titulada “*Biometanización de la materia orgánica de descargas residuales porcinas en el C.P. Ambato Tamborapa, distrito de Bellavista, 2019*”, cuyo objetivo general fue descomponer la materia orgánica, de aquellas aguas residuales porcinas por biometanización, ello con la finalidad producir biogás y biol. El estudio considera como población y muestra 30 cerdos. Al tomar en cuenta el biol, ha determinado el volumen óptimo de biogás. El trabajo fue guiado de un modelo estadístico importante: Box-Behnken. El análisis ha identificado factores varios como pulpa de café, estiércol de ganado vacuno y agua residual porcina; con los cuales ha sido posible generar biogás. La investigación ha destacado que 1.9 % fósforo, 2.7 % de nitrógeno y 1.6 % de potasio son los constituyentes del biol. A ello se suma 59 % de metano, 0.64 % de nitrógeno, 0.12 % de hidrógeno (sustancia inflamable), 0.08 % de sulfuro de hidrógeno (responsable del olor fétido), 40 % de dióxido de carbono y 0.16 % de otros gases menores constituyen el biogás obtenido.

Núñez, Castañeda y Herrera (2019), en su tesis titulada “*Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando biogás producido por estiércol de ganado vacuno para la hacienda el potrero bellavista – Jaén*”. El estiércol promedio por res, fue de 10 kg para caracterizar el estiércol de ganado. La potencia instalada en dicha investigación resulto ser de 10,04 kW para cubrir una demanda de 8,966 kW. De ello se deriva que el trabajo ha sido exitoso. El éxito del mismo radica, según el estudio en el uso de un biodigestor bajo en costos y fácil operación.

Lo que ha producido con 270 reses, es suficiente para generar el biogás necesario y para cubrir la necesidad energética que requiere en dicho potrero. Lo descrito en la metodología muestra un biodigestor Ydnpower, cuyo volumen es de  $460,18 \text{ m}^3$ . Para tal volumen el diámetro implica 4,58 m y la longitud 27,93 m. según lo propuesto al inicio, con ello se requería producir  $123,52 \text{ m}^3/\text{día}$  de biogás o  $3,35 \text{ m}^3/\text{hora}$  de metano. Con base en el diseño de un biodigestor el cual fue de tipo tubular, lo utilizaron por su cómoda instalación y de bajo costo el cual va a producir  $3,35 \text{ m}^3/\text{hora}$  de gas metano, con ello posiblemente se cubra la petición eléctrica para el potrero, El costo de inversión del proyecto es de S/. 33 301 soles. El análisis de los indicadores dinámicos de la inversión muestra un VAN de S/. 4 344,23 y un TIR de 13%, con un índice de recuperación de toda la inversión de seis años, lo cual se considera favorable reduciendo el tiempo empleado y los gastos económicos. La propuesta es muy interesante y sirve para profundizar en el estudio de la misma. Aquí interesa sus procedimientos y como un modelo genérico a considerar.

Collasos Correa y Vargas Pérez (2019) en su Tesis titulada “Diseño de un Sistema de Biodigestores para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos del Camal Municipal de Jaén – Perú, 2019”, tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de biodigestores para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos de camal municipal de Jaén para generar biogás y satisfacer con la demanda energética del camal. El tipo de investigación fue cuantitativa y aplicada, el investigador tomó muestras de campo y conversatorios con personal que laboran en dicho camal. Como resultados se muestran que la materia orgánica, la temperatura promedio  $25.63 \text{ }^\circ\text{C}$ , los equipos eléctricos son factores esenciales para determinar la adecuada producción de energía eléctrica que demanda el local, haciendo realidad mediante un motor de combustión interna a Biogás. El investigador concluye indicando que la máxima demanda eléctrica del camal municipal de Jaén es de 2.7 kW, según las condiciones de trabajo verificadas en dicho local y que sí es posible hacer uso de un método más eficiente y menos contaminante en beneficio de los individuos, De los resultados obtenidos en la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto económicamente resulta un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 244,674.30 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 47%, además un Tiempo de Recuperación de 3 años, los cual demuestra que el proyecto el viable.



## 1.2. Problemática

La energía de fuentes no renovables es altamente contaminante como el petróleo, el carbón y el gas natural, que ha generado una serie de problemas ambientales como el cambio climático, la contaminación del aire y del agua, la pérdida de biodiversidad y la degradación del suelo. Además, la dependencia de estas fuentes de energía ha generado una serie de conflictos geopolíticos y económicos en todo el mundo. En América del sur, la falta de acceso a energía en algunas regiones especialmente en áreas rurales y remotas, limita su desarrollo socioeconómico y su calidad de vida de la población. El Perú depende en gran medida de la producción y exportación de gas natural y petróleo, el cual genera desigualdades en el acceso a energía, especialmente en áreas rurales y remotas.

La transición hacia fuentes de energía renovables y limpias es fundamental para reducir los impactos ambientales y sociales generados por la dependencia de energías no renovables y para garantizar el acceso a energía en todo el país. Es importante que se tomen medidas a nivel nacional para promover la inversión en energías renovables y la implementación de políticas públicas que garanticen el acceso a servicios energéticos básicos para todas las comunidades peruanas.

Con la finalidad de contribuir a dar algunas soluciones a la problemática se realizó una propuesta de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, para tratar de reducir el alto costo de la energía convencionales en las granjas y la contaminación generada, y, además, muchos productores de ganado porcino podrán adelantarse un poco más a este objetivo en el futuro. Las fuentes de energía renovable crean nuevas condiciones para la producción de biogás utilizando estiércol de cerdo. Sería muy importante que en el futuro no se utilice cultivos energéticos en la producción de biogás o se utilice significativamente menos cultivos energéticos.

Para la investigación en curso se ha revisado algunos documentos importantes. En el contexto internacional, los estudios han señalado que el nuevo sistema hace que la producción de biogás con estiércol de cerdo sea más interesante. Si bien, el rendimiento de metano cuando se usa estiércol de cerdo es 14 veces menor que cuando se usan cultivos energéticos; el rendimiento de gas de la materia seca del estiércol de cerdo es ligeramente superior al del ganado vacuno.

Lo cual lo convierte en una posibilidad importante y distinta. (BIOTECNOLOGIA , 2016). Esto significa una nueva posibilidad para optimizar la producción de biogás tomando como base el estiércol de cerdo.

La investigación desarrollada garantizará que los excedentes de estiércol de la granja Don Víctor aumenten de valor y se puedan seguir utilizando de forma sostenible. El tema del estudio es el exceso de estiércol, cuyos componentes son principalmente excrementos que se producen en la granja de cerdos. Por lo general, el exceso de estiércol se almacena en estanques antes de usarse como fertilizante o simplemente antes de desecharse. Esta práctica plantea una serie de problemas ambientales graves. Debido al alto contenido de nitrógeno y fósforo en el estiércol rico en nutrientes, el suelo, el agua y la atmósfera pueden contaminarse como resultado de la acumulación excesiva de nutrientes, así como de la emisión de gases, producto de amoníaco y efecto invernadero.

La granja tiene una alta densidad de cerdos, pero no tiene suficiente tierra agrícola para absorber la cantidad de estiércol. El transporte a otras zonas sería demasiado costoso tanto para los dueños como para el medio ambiente. Se espera que la investigación que propone la generación de biogás con estiércol de cerdos resulte una solución sostenible y rentable a este difícil problema de ser ejecutado. Las tareas iniciales consisten en realizar pruebas en fermentadores y simular el proceso de producción de biogás real utilizando estiércol de cerdo. El objetivo a largo plazo es utilizar esta tecnología a gran escala en plantas de biogás para el funcionamiento de un sistema generador de energía eléctrica. Si esta solución pudiera implementarse a gran escala, la reducción de las emisiones del gas metano altamente contaminante en el almacenamiento de estiércol y, por parte de los granjeros, un uso alternativo económico y rentable del estiércol de cerdo sería la recompensa por el esfuerzo.

### **1.3. Planteamiento del problema**

En consecuencia, se observa que en la granja Don Víctor, no se está utilizando el estiércol de cerdo en ningún proceso tecnológico para la producción de gas. Por otro lado, tampoco se ha identificado estudios que centren sus análisis, discusión y propuestas sobre el modo como se puede utilizar el estiércol de cerdo. Sin embargo, un problema grave es que hay un exceso de estiércol, el cual genera problemas diversos como la contaminación, los malos olores. A ello se suma el problema del alto consumo energético en la granja, por lo tanto, hay una necesidad muy importante que atender.

Descrito el problema de este modo, una cuestión importante es resolver la utilización del estiércol, el cual conduce a la alternativa de la producción del biogás; pero solo producir el gas no tendría sentido y generaría un gasto adicional e innecesario, por lo tanto, es importante la segunda etapa, el cual consiste en el aprovechamiento. La mejor manera de aprovecharla es resolviendo un problema interno. En efecto, ello conduce a pensar en el sistema de producción de energía eléctrica para resolver las necesidades internas. Queda graficado entonces el problema real del uso del estiércol y la necesidad de producir biogás en relación a la posibilidad de solucionar problemas de demanda energética con un sistema propio. Este último, en el presente trabajo, solo alcanzará un nivel positivo. La tarea última, es evaluar las condiciones para la propuesta y diseñarla para ofrecer una posible solución.

### **1.4. Formulación del problema**

¿Será viable diseñar una propuesta de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor, Jaén?

### **1.5. Hipótesis**

Si es viable una propuesta de diseño de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor, Jaén.

## **1.6. Justificación**

### **Justificación económica.**

La implementación de un sistema generador de energía eléctrica, a través del biogás del estiércol de cerdos, puede ser una opción económicamente viable para una granja de cerdos. Al producir su propia energía, la granja puede reducir significativamente sus costos de demanda de energía eléctrica y, por lo tanto, disminuir su dependencia de los proveedores de energía externos, además, la producción de biogás a partir del estiércol de cerdos también puede generar ingresos adicionales a través de la venta de energía excedente a la red eléctrica local. De esta manera, la granja puede convertirse en un productor de energía y obtener ingresos

### **Justificación social.**

Incentivar a los ganaderos, agricultores, autoridades públicas que reduzcan la dependencia de los combustibles fósiles e incrementar sus posibilidades de contar con medios de ahorro, aprovechando el estiércol, al generar energía eléctrica a partir del biogás, también la reducción del olor a estiércol y una mayor cooperación entre ganaderos, agricultores, autoridades públicas y granjas energéticas.

### **Justificación ambiental.**

En Jaén existe varios criaderos o granjas de cerdos que contribuyen de forma decisiva a las emisiones de gases, generando lo que conocemos como efecto invernadero. Con el uso de un concepto de energía renovable, una planta de biogás de estiércol de cerdos no solo ayuda a reducir otros tipos de generación de energía que son perjudiciales para el clima, sino que también reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del estiércol de cerdo.

### **Justificación tecnológica.**

Lo tecnológico es relevante, porque a partir de la producción del biogás se puede generar energía eléctrica. Con ello, es posible el ahorro de energía y al mismo tiempo el cuidado del medio ambiente con el uso de tecnologías alternativas y novedosas, mucho más eficientes, desde una perspectiva energética y ambiental.

La tecnología utilizada genera una fermentación dirigida en una planta de biogás, convierte el estiércol de la granja en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) por microorganismos en biogás y biofertilizante (digestato). Durante la combustión posterior en la central térmica de tipo bloque aguas abajo, el gas metano dañino para el clima se convierte en CO<sub>2</sub> y se generan calor y electricidad. Debido al origen biogénico del carbono, el CO<sub>2</sub> resultante es neutro para el clima. La electricidad producida se alimenta a la red, el calor se utiliza en el proceso de fermentación y se utiliza para las necesidades de la granja. El digestato restante se puede utilizar idealmente como fertilizante debido a su alto contenido de nutrientes.

## **1.7. Objetivos**

### **Objetivo general.**

Proponer un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor, Jaén.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la producción de estiércol y orina de los cerdos de la granja Don Víctor.
- Calcular la demanda de energía eléctrica de la granja Don Víctor.
- Diseñar un sistema generador de energía eléctrica que funcione con biogás.
- Evaluar técnica y económicamente la propuesta.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Objeto de estudio**

Proponer un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor, Jaén.

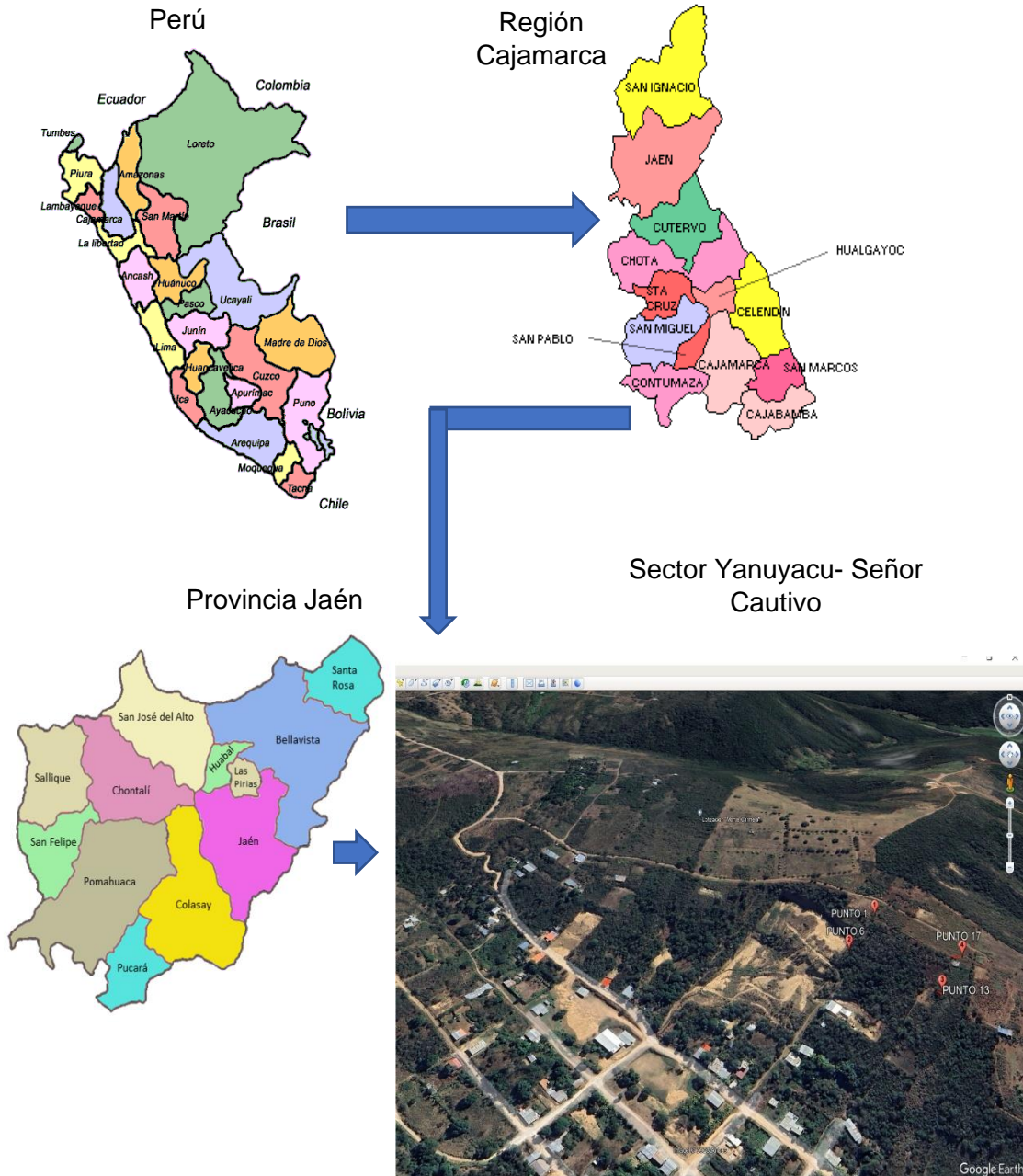
### **2.2. Ubicación del área de estudio**

El proyecto se realizó en la granja Don Víctor, el cual se encuentra ubicado en el sector Yanuyacu- Señor Cautivo, a una latitud de 729 msnm entre los 5°15" y los 6°4" de latitud sur; y entre los 78°33" y los 79°38" de longitud Oeste, aproximadamente.

La provincia de Jaén tiene una superficie de 5232, 57 km<sup>2</sup> y representa el 15,7% de la superficie de la región Cajamarca; así mismo cuenta con una diversidad de microclimas debido a su conformación geográfica, y su temperatura oscila entre 12°C y 36°C; registrándose temperaturas medias y altas en los meses de junio y octubre, a continuación, se especifica en mapa de ubicación.

Figura 1

Ubicación geográfica del Sector Yanuyacu-Señor Cautivo



Fuente: Mapa geográfico del lugar del proyecto. Adaptado a partir de Google

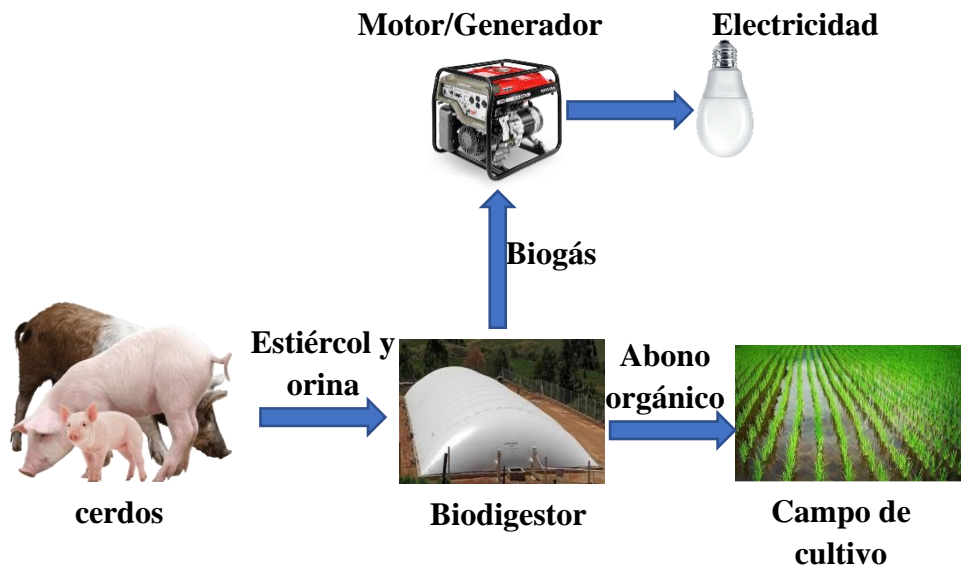
## 2.3.Procedimientos

### 2.3.1. Diagrama de procesos para el sistema generador de energía eléctrica con biogás producido con estiércol de cerdos.

Una vez detallado cada uno de los procedimientos de acuerdo a la información precedente, para el sistema que se requiere diseñar se procedió a realizar la integración como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2

Diagrama de procesos para el sistema de generación de energía eléctrica



Fuente: Elaboración por los investigadores.



### **2.3.2. Determinación de la producción de estiércol y orina de los cerdos de la granja don Víctor:**

Con la finalidad de cumplir con el primer objetivo específico, se identificaron los cerdos en la granja Don Víctor que serían sujetos del estudio, los cuales se separaron teniendo en cuenta los que estaban en gestación, lactancia, lechones, los que tenían masas de 25 a 100 kg, y los machos, además debido a que la granja contaba con 100 cerdos se trabajó con la totalidad con la finalidad de obtener resultados confiables.

Una vez identificados la cantidad de cerdos existentes en la granja Don Víctor, se procedió a recolectar diariamente el estiércol y la orina de los cerdos durante un período de seis meses, lo cual fue pesado cuidadosamente utilizando una balanza y registrado en un formato. Una vez obtenida la información se calculó la producción diaria de estiércol y orina para cada cerdo, sumando los pesos de las muestras recolectadas durante el día.

Con la información registrado de todo el periodo de estudio, se calculó el promedio de la producción diaria de estiércol y orina de los 100 cerdos, con el cual se obtuvo una visión general de la variabilidad en la producción de estiércol y orina de los cerdos, al cual se aplicó un análisis estadístico descriptivo a los datos obtenidos para obtener información sobre la tendencia central y la dispersión de la producción.

### **2.3.3. Determinación de la producción de biogás**

Producir gas a partir del estiércol de los cerdos es muy importante tanto para las granjas como para las familias. Aquí se aborda el tema asociado al biogás producido a partir del estiércol de cerdos, en consecuencia, se ha centrado el análisis en ello.

Gracias a su unidad de metanización, la Granja Don Víctor ganará a partir de esta producción, en autonomía energética y flujo de caja: sus 100 cerdos producen estiércol y purines que se transformarán en energía eléctrica, calor para los animales y fertilizantes para los campos.

La metanización permite utilizar el estiércol y purines producidos por los cerdos en forma de electricidad y calor. Agiliza el flujo de caja mediante la venta de esta bioenergía.

Tabla 2

Para calcular la producción de biogás, se va considerado los valores fundamentales dados por la GTZ

Clase de animal	% Por peso vivo		% Del material de digestión		Relación de C/N	P- producción de biogás (m <sup>3</sup> de gas/1Kg SO)
	Pre-estiércol	PO-Orina	%Est Solido	%SO Solidos orgánicos		
Vacunos	5	4	15	13	20	0.25
Cerdos	2	3	16	12	13	0.35
Caprinos, ovejas	3	1.5	30	20	30	0.2
Caballos	5	4	25	15	20	0.25
Avícolas, gallinas	4.5	4.5	25	17	05	0.4
Humanos	1	2	20	15	8	0.3

Fuente: (Santos Díaz, 2018)

Estos datos son muy importantes para poder trabajar la producción del biogás. De acuerdo con los datos la P- producción de biogás (m<sup>3</sup> de gas/1Kg SO) es equivalente a 0.35. Es importante destacar también que se ha tomado como referencia el 12% como parte del porcentaje de materia orgánica de estiércol de cerdo. Adicionalmente debe quedar claro que el 1m<sup>3</sup> de biogás es equiparable en 1kg de materia orgánica.

Para la determinación de producción de gas según Santos Díaz, 2018, se considera la siguiente propiedad.

$$PG = MPC * SO * P$$

Dónde:

**PG** = Producción de gas,

**MPC**= Representa a la materia prima para carga en kilogramos diarios,

**SO** = Porcentaje de materia orgánica del estiércol de cerdo,

**P** = Aproximado de producción de m<sup>3</sup>de gas/1 kg de masa orgánica seca total.

#### **2.3.4. Cálculo de la demanda de energía eléctrica de la granja Don Víctor:**

Se recopilaron los datos de consumo mensual de energía eléctrica en la granja Don Víctor durante 12 meses, los cuales fueron obtenidos de los recibos de consumo eléctrico proporcionados por el dueño de la granja. Luego se identificaron y listaron todas las cargas eléctricas presentes en la granja.

Para cada carga eléctrica identificada, se utilizó la potencia nominal de cada dispositivo y se calculó el consumo mensual individual multiplicando la potencia por el tiempo de uso diario y luego por el número de días en el mes, con el cual se obtuvo el consumo total de energía eléctrica mensual en la granja. Con esta información se identificaron patrones de consumo, como picos de demanda y fluctuaciones estacionales, que podrían influir en la demanda de energía.

#### **2.3.5. Diseño de un sistema generador de energía eléctrica que funcione con biogás:**

Se analizaron las características del biogás producido, como su contenido de metano, sulfuro de hidrógeno y otros componentes, el cual se hizo siguiendo las pautas proporcionadas para asegurar la calidad y la compatibilidad del biogás con el sistema generador.

Se consultaron fuentes como para seleccionar el tipo y tamaño adecuado de biodigestor que se adapte a la producción de biogás estimada y las condiciones específicas de la granja Don Víctor, el cual permitió dimensionar el sistema generador de energía eléctrica. Se siguió la metodología descrita por la FAO para calcular la capacidad y los componentes necesarios del sistema, como generadores y equipos de conversión.

Se tuvieron en cuenta las medidas de seguridad y las consideraciones ambientales para el diseño del sistema, teniendo en cuenta pautas para garantizar un funcionamiento seguro y sostenible, y además se evaluó la eficiencia energética del sistema generador de biogás utilizando criterios establecidos en. Se estimó el rendimiento esperado del sistema en términos de conversión de biogás a electricidad.

Con la información precedente se procedió al diseño de la infraestructura para la instalación del sistema generador, incluyendo la ubicación del biodigestor, el sistema de recolección de biogás y la conexión con los equipos de generación eléctrica, los cuales se compararon con los resultados de estudios previos y casos similares de sistemas generadores de energía con biogás, el cual permitió validar la coherencia y eficacia del diseño propuesto.

Finalmente se elaboraron planos técnicos que describen el diseño del sistema generador de energía eléctrica con biogás, en las cuales se incluyeron detalles sobre las dimensiones, ubicación, componentes y conexiones, que estaban en coherencia con las normativas y estándares pertinentes, el cual permitió garantizar que el diseño cumpla con las regulaciones y requisitos vigentes.

### **2.3.6. Evaluación técnica y económicamente la propuesta.**

Teniendo los datos detallados sobre la producción de biogás, características del biodigestor, rendimiento de generación eléctrica y costos operativos, se analizaron para evaluar la viabilidad técnica de la propuesta, y además se calculó la eficiencia de conversión de biogás a electricidad, con esta información se recopilaron datos sobre los costos de inversión inicial, operativos y de mantenimiento del sistema, el cual permitió obtener la información sobre los flujos de efectivo proyectados a lo largo de la vida útil del proyecto para calcular el VAN y la TIR.

Se realizaron análisis de sensibilidad para evaluar cómo variaciones en los costos y los ingresos podrían afectar los resultados financieros, para esto se compararon los resultados económicos y técnicos de la propuesta con posibles alternativas de generación de energía. Esto permitió elaborar un informe detallado que presenta los resultados de la evaluación técnica y económica, de acuerdo a la siguiente:

#### **Tasa interna de retorno (TIR)**

Se refiere al valor actual de los flujos de beneficios (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión negativos, o hace que la capitalización de los flujos de ingresos netos de un proyecto sea cero, cuando se capitalizan después de una determinada vida útil. (Fernández, 2007).

$$I_0 = \sum_{n=1}^n \frac{R_n}{(1+TIR)^n}$$

Donde:

$R_n$  =Flujo de efectivo anual

$I_0$  =Inversión inicial

### **Valor actual neto (VAN)**

Mide la diferencia entre el valor descontado del flujo de ganancias y el valor descontado de otras inversiones o gasto (Jiménez et al., 2007), para medir esta diferencia en la propuesta se utiliza la ecuación siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

$I_0$  =Inversión inicial

$F_t$  =flujo de efecto por periodo

$k$  = tasa de retorno %

$n$  =periodos

Dependiendo del valor que se determine del VAN se realiza el proyecto.

### **Bonos de carbono**

Un bono de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que una actividad evita que sea emitida a la atmósfera o que la captura desde ella. Por ello son considerados como una solución adecuada para reducir las causas del cambio climático.

Generan bonos de carbono las organizaciones que realizan actividades que reducen emisiones de gases de efecto invernadero en sectores como: agricultura, industria, energía, transporte, residuos sólidos y bosques. Ah, y algo importante: las actividades deben incluir en su diseño cómo se beneficiará a la comunidad y al ambiente. (MINAN, 2020).

### III. RESULTADOS

En esta sección se presenta una descripción sistemática de las acciones ejecutadas con el propósito de alcanzar los resultados correspondientes a cada uno de los objetivos específicos.

#### 3.1 Determinación de la producción de estiércol y orina de los cerdos de la granja Don Víctor

Con el propósito de alcanzar el primer objetivo específico, se implementaron una serie de actividades exhaustivas para recopilar información precisa sobre la producción de estiércol y orina en cada una de las etapas de vida de los cerdos.

##### 3.1.1. Cálculo de cerdos de la granja

La granja Don Víctor, con una sólida experiencia operativa a lo largo de varios años, ha orientado su actividad principal hacia la cría de ganado porcino, el cual ha adquirido una relevancia notable debido a su significativa contribución en la producción de carne y sus derivados, tales como manteca y chicharrón. Para una mejor comprensión de la población porcina en la granja, se ha procedido a la clasificación de los cerdos según su etapa de vida y género, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3

Clasificación de los cerdos según etapa de vida y género

Mes	P r e ñ e z	Pre. p e r a p t a r t o	H. l e c t a n t e	L e c h o n t o	C e r c o m i e n t o	E n c e r c e	R e c i e n d e	Madres de reemplazo	S e ñ a l	Total
Mayo	13	11	10	11	12	11	1	10	5	99
Junio	14	10	11	13	10	9	1	10	5	96
Julio	15	13	9	13	12	10	1	10	5	102
Agosto	15	12	13	11	10	9	1	10	5	100
Septiembre	14	14	12	12	11	10	1	10	5	103
Octubre	13	12	11	12	11	11	1	10	5	100
<b>Promedio</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 3 detalla la distribución de cerdos en distintas etapas de vida y géneros dentro de los galpones. En promedio, se tiene un total de 14 cerdos preñas, 12 en la etapa de pre parto, 11 en la fase de lactancia, 12 lechones, 11 en crecimiento, 10 en etapa de engorde, 15 para recría, 10 madres de reemplazo y 5 sementales. Estos números permiten visualizar cómo se desarrolla el control del número de cerdos durante los 6 meses de estudio en la granja Don Víctor (Ver Anexo B).

### 3.1.2. Cantidad de agua de lavado

La Granja Don Víctor carece de registros diarios o mensuales de la cantidad de agua que se emplea para limpiar los galpones en la instalación, teniendo en cuenta esta carencia, se ha propuesto que la duración del uso de agua al día sea de aproximadamente 8 horas, y que el flujo se mantenga en 0,2 litros por segundo. Basándose en estos datos, se ha calculado la cantidad de agua utilizada mensualmente para la limpieza, como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 4

Computo de agua de lavado de la Granja Don Víctor

Mes	(litros/día)	(m <sup>3</sup> /día)	(litros/mes)	(m <sup>3</sup> /mes)
Mayo	5760	5.76	172800	172.8
Junio	5760	5.76	172800	172.8
Julio	5760	5.76	172800	172.8
Agosto	5760	5.76	172800	172.8
Septiembre	5760	5.76	172800	172.8
Octubre	5760	5.76	172800	172.8
<b>Promedio</b>	<b>5760</b>	<b>5.76</b>	<b>172800</b>	<b>172.8</b>

*Fuente:* Elaborado por el investigador

En la Tabla 4, se presenta la cantidad de agua utilizada en la Granja Don Víctor para cada mes durante el período de estudio, así como la cantidad de agua en metros cúbicos que se emplea diariamente.



### 3.1.3. Cálculo de la cantidad del estiércol y orina de cerdo por día.

Basados en las pautas establecidas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), organismo especializado de la ONU, el cual proporciona estándares que son esenciales para obtener información precisa sobre la producción de estiércol y orina de los cerdos.

Tabla 5

Cantidad de estiércol diaria más orina de los cerdos de la Granja Don Víctor según la (FAO)

Categoría de cerdos	Cantidad de cerdos	Estiércol por cerdo según la FAO (kg/día)	Orina por cerdo según la FAO (kg/día)	Estiércol Granja Don Víctor (kg/día)	Orina de Granja Don Víctor (kg/día)	Estiércol +orina granja Don Víctor (kg/día)	Estiércol + orina granja Don Víctor (m3/día)
En gestación	26	3.6	7.4	93.6	192.4	286	0.286
Lactancia	11	6.4	11.6	70.4	127.6	198	0.198
Lechón	12	0.35	0.6	4.2	7.2	11.4	0.0114
25-100 kg	46	2.3	2.6	105.8	119.6	225.4	0.2254
Machos	5	3	3	15	15	30	0.03
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>15.65</b>	<b>25.2</b>	<b>289</b>	<b>461.8</b>	<b>750.8</b>	<b>0.7508</b>

*Fuente:* Elaborado por los investigadores

La Tabla 5 presenta una descripción detallada de la cantidad de estiércol y orina producidos por los cerdos de la Granja Don Víctor a lo largo de los meses de estudio, el cual fue elaborado en base a los cálculos previamente realizados y los valores proporcionados por la FAO en relación a la cantidad de estiércol y orina generada por cerdo en diversas categorías.

### 3.1.4. Cálculo del agua residual o purín

El cálculo del agua residual o purín ha resultado fundamental en este caso, ya que, a partir de los datos obtenidos, se ha logrado determinar el volumen total necesario para el biodigestor, el cual reviste gran importancia, ya que engloba tanto el volumen correspondiente al estiércol de cerdo como el de la orina, además de sumar el agua empleada en el lavado de los galpones de los cerdos, tal como se muestra en tabla siguiente.

Tabla 6

Cómputo de agua residual de la Granja Don Víctor

Mes	Estiércol + orina (m <sup>3</sup> /día)	agua (m <sup>3</sup> /día) CAL	Estiércol + orina + agua (m <sup>3</sup> /mes)
Mayo	0.72455	5.76	6.48455
Junio	0.71505	5.76	6.47505
Julio	0.74265	5.76	6.50265
Agosto	0.78705	5.76	6.54705
Septiembre	0.7908	5.76	6.5508
Octubre	0.7447	5.76	6.5047
<b>Promedio</b>	<b>0.7508</b>	<b>5.76</b>	<b>6.5108</b>

Fuente: Elaborado por el investigador

La Tabla 6 detalla la cantidad de agua residual generada en la Granja Don Víctor, proporcionándonos información crucial para el cálculo y la elección de la alternativa de biodigestor más adecuada en función de la problemática identificada.

### 3.1.5. Determinación de la carga diaria del biodigestor

Una vez que se ha caracterizado al biodigestor, resulta importante determinar la carga diaria o la capacidad del biodigestor, según la tabla 6, teniendo en cuenta la siguiente ecuación.

$$CC = MCP + CAL$$

CC= Carga diaria de digestor.

MPC= Estiércol más orina día

CAL= Agua diaria en  $\frac{m^3}{día}$

Datos:

$$CAL = 5.76 \frac{m^3}{día}$$

$$MPC = 0.75 \frac{m^3}{día}$$

Luego de haber efectuado la data en la granja:

$$CC = MCP + CAL$$

$$CC = (0.75 + 5.76) \frac{m^3}{día}$$

$$CC = 6.51 \frac{m^3}{día}$$

### 3.1.6. Determinación de la producción de biogás

De acuerdo con los datos la P- producción de biogás ( $m^3$  de gas/1kg SO) es equivalente a 0.35. Es importante destacar también que se ha tomado como referencia el 12% como parte del porcentaje de materia orgánica de estiércol de cerdo.

Se ha obtenido los resultados siguientes:

$$PG = MPC * SO * P$$

$$PG = 750.8 \frac{kg}{día} * 0,12 * 0,35 \frac{m^3}{kg}$$

$$PG = 31.53 \frac{m^3}{día}$$

### 3.1.7. Resultados de la evaluación de biogás generada por estiércol de cerdo

Para la elección de biodigestor se consideró cuatro tipos de donde se califica de acuerdo a la necesidad y zona geográfica, mencionando la importancia de cada de ellos y obtener sus beneficios según (CANARES, 2019). Mediante una evaluación propia se calificó de acuerdo a sus características, para realizar este cálculo y obtener resultados confiables y viables, se ha considerado volúmenes, mantenimiento, costos. Además, se han tenido en cuenta el entorno geográfico y las características de la localidad donde se encuentra ubicada la Granja Don Víctor.

Tabla 7

Determinación del tipo de biodigestor tomando en cuenta una calificación de (0-20), donde 0 en lo mínimo y 20 el máxima puntaje.

	TIPO DE BIODIGESTOR			
	biodigestor cúpula flotante	biodigestor cúpula fija	biodigestor de manga de polietileno	<b>biodigestor laguna cubierta</b>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>				
Condiciones del lugar	20	20	20	<b>20</b>
Grandes volúmenes	12	12	12	<b>20</b>
Mantenimiento	16	16	20	<b>20</b>
Costos de equipos	20	20	20	<b>20</b>
Costos de instalación	16	16	12	<b>16</b>
<b>Puntaje Total</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>96</b>

*Fuente:* Elaborado por los investigadores a partir de (CANARES, 2019).

La Tabla 7 refleja que el biodigestor tipo "LAGUNA CUBIERTA" tiene un puntaje total de 96 puntos, que supera a los demás biodigestores. Por lo tanto, se seleccionó este tipo de biodigestor por reunir mayores características.

### 3.1.8. Biodigestor laguna cubierta.

Es importante considerar como elemento necesario del biodigestor la laguna cubierta. Esta laguna constituye uno de los elementos principales que está en armonía con la ubicación geográfica del espacio en el cual se ha de implementar el generador de biogás.

Figura 3

Biodigestor laguna cubierta



*Fuente: Academia de energías renovables santa fe.*

Como se puede observar resulta de vital importancia la laguna cubierta la cual está adaptada de manera directa al tipo de biodigestor en concordancia con la ubicación del espacio y las características que presenta la granja Don Víctor en la ciudad de Jaén. Además, esta laguna de cubierta cumple con todos los requisitos socioeconómicos y cumple también con todos los mecanismos técnicos que han sido dados por los diversos sistemas encargados de analizar los biodigestores. Como se puede constatar esta laguna tiene un precio común de acuerdo a su volumen y rendimiento en producción de gas.

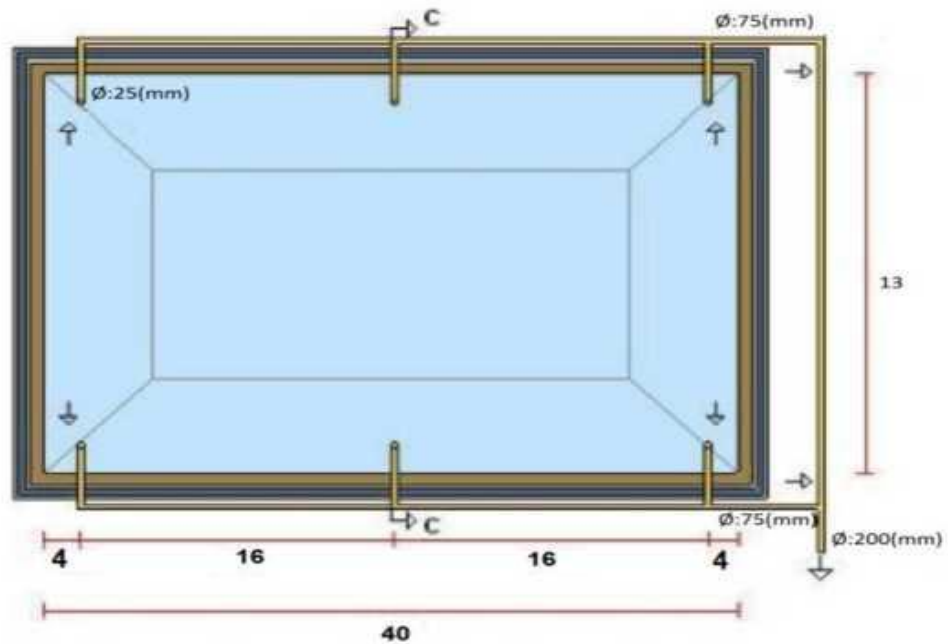
Una vez que ya ha sido establecida la laguna cubierta para el biodigestor resulta necesario entonces hacer un diagrama de la propuesta. De hecho, el diagrama de la propuesta tiene que ver con las características del lugar y con las características también de la granja, Perú se toma como referencia los hechos que pueden generarse más adelante como una cuestión de producción mucho más productiva (valga la redundancia) con la finalidad de generar una visión distinta para las sociedades.

### Tubería de captación de biogás

La importancia del sistema de almacenamiento radica precisamente en los procesos adecuados, materiales pertinentes y manejo técnico del mismo.

Figura 4

Tuberías de captación



Fuente: Tomado de (Santos Díaz, 2018)

Con base en esta imagen es posible decir que ellas responden a mecanismos técnicos, normativos específicos. Todo ello exige considerar también aspectos importantes como la selección de las tuberías. De ese modo se ha considerado pertinente seleccionar considerando los aspectos siguientes:

Tabla 8

Selección de los tubos recolectores de biodigestor

selección de tubería recolectora de biodigestor	
Biodigestores < 50 m	25mm
Biodigestores < 100 m	50mm
<b>Biodigestores &gt; 100 m</b>	<b>75 mm a mas</b>

Si ya existe una normativa para la selección de las tuberías, entonces se hace necesario escoger de acuerdo con la normativa y las pautas dadas. De ese modo aquí se ha elegido las tuberías que tienen 75 mm (3 pulgadas.) a más. Estos tubos cumplen la función de conducir el gas que ha sido producido a un sistema de tuberías de recolección, el cual posteriormente ha de ser conducido a un espacio del sistema donde serán purificados y almacenados para su utilización.

### **Instalación de tuberías.**

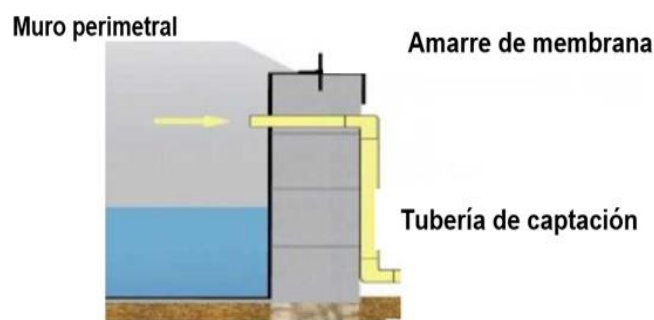
Es sabido que las tuberías deben ser adecuadamente colocadas. En ese sentido se ha colocado una tubería cuya función ha sido captar el gas, este tubo se ubica en el tramo del muro perimetral. Para ubicarlo de modo adecuado se ha colado una pendiente hacia el biodigestor de tal modo que los condensados puedan escurrir al interior del biodigestor. Se ha observado con mucha cautela todos los procesos con la finalidad de que las tuberías queden bien selladas para evitar fugas de biogás y evitar algún tipo de consecuencia no prevista.

Se ha seguido también con sigilo profesional y técnico las indicaciones sobre el mínimo de distancia en la captación del biogás. De ese modo la distancia considerada ha sido de 0.30 m con relación al máximo de llenado del equipo biodigestor.

La distancia mínima de la captación de biogás debe ser de 0,30 m sobre el nivel máximo de llenado del biodigestor.

Figura 5

Conexión de tuberías de captación para el biogás



Fuente: Tomado de (Santos Díaz, 2018)

### **Determinación del tiempo de retención**

Un dato importante radica en que el volumen del digestor o el tamaño del mismo es definido por el tiempo de retención y la carga diaria calculada previamente. Este valor es posible ejecutarlo o desarrollarlo a partir del Manual para la producción de biogás. Una de las confiables instituciones y quizá la más relevante sea el parámetro dado por el Instituto de Ingeniería Rural. Como en diversos trabajos previos, se ha tomado como referencia los trabajos de Daniel Duran Cotrina, un especialista en biodigestores. Que desde la ingeniera agrónoma ha contribuido en gran medida a la producción de biogás y, por ende, en el diseño de biodigestores.

Tabla 9

Cómputo del tiempo de retención

<b>Tiempo de retención</b>	
<b><i>Materia prima</i></b>	<b><i>T.R</i></b>
Estiércol vacuno liquido	20-30 días
<b>Estiércol porcino líquido</b>	<b>15-25 días</b>
Estiércol aviar liquido	20-40 días

Fuente: Instituto de Ingeniería Rural.

Los datos aquí mostrados son muy importantes para poder ejecutar la regla del tiempo de retención. Se ha tomado la base de retención equivalente a 25 días, mientras más días, máxima fermentación, ello debido a que las condiciones de la granja son excelentes por el clima, y así también favorecen su instalación del biodigestor y consecuentemente la producción de biogás.



### Volumen del digestor

$$V = CC * TR * 1.2$$

Donde:

**V** = volumen del digestor.

**CC**= carga computada.

**TR** = tiempo de retención calculado en días.

**1.2** = son los litros adicionales considerados para el almacenamiento del biogás.

$$V = 6.51 \frac{m^3}{día} * 25 * 1.2$$

$$V = 195.32 m^3$$

### Volumen de diseño digestor

Lo establecido en las reglas y procedimientos, así como el diseño establecido en los diversos trabajos han considerado siempre que se le debe agregar al volumen del digestor un 20% del volumen obtenido previamente. En efecto el volumen o la capacidad de la laguna está en relación directa con el volumen del biodigestor.

$$Vd = 195.32 m^3 + 20\%$$

$$Vd = 195.32 m^3 + \frac{20}{100} (195.32 m^3)$$

$$Vd = 234.39 m^3$$

### Volumen del gasómetro (Vg).

Medir el gas es algo importante. Para tal caso se usa el gasómetro. Este instrumento requiere también que se considere como punto esencial el cálculo de su volumen. Para hacer realidad ello se ha seguido la fórmula siguiente:

$$Vg = V * 60\%$$

$$Vg = 195.3m^3 * 0.6$$

$$Vg = 117.19 m^3$$

Consecuentemente, para almacenar el biogás ha sido necesario que haya una capacidad de 117.19 m<sup>3</sup>. Como efecto de ello es posible que se logre adquirir una bolsa para almacenar el biogás con aplicaciones que oscilan entre los 120 m<sup>3</sup>.

Figura 6

Bolsa para almacenamiento



Fuente: Tomado de (Santos Díaz, 2018)

## **Sistema de purificación del biogás.**

El trabajo para poder purificar el biogás no es un tema sencillo, pasa por etapas importantes. Las etapas más destacadas son:

### ***Primer tratamiento.***

Este proceso puede ser llamado también tratamiento base, porque es la primera etapa de purificación del biogás. En esta etapa lo destacable consiste en la reducción de cantidades contaminantes, por lo que se separa todo aquel elemento que pueda contaminar el biogás. Aquí se separa los residuos de agua contaminada y las partículas sólidas que puedan resultar afectando a la producción de biogás. Para que ello suceda lo adecuado es que las tuberías se instalen con una pendiente aproximada de 0.5%, solo de ese modo se logra eliminar los condensados.

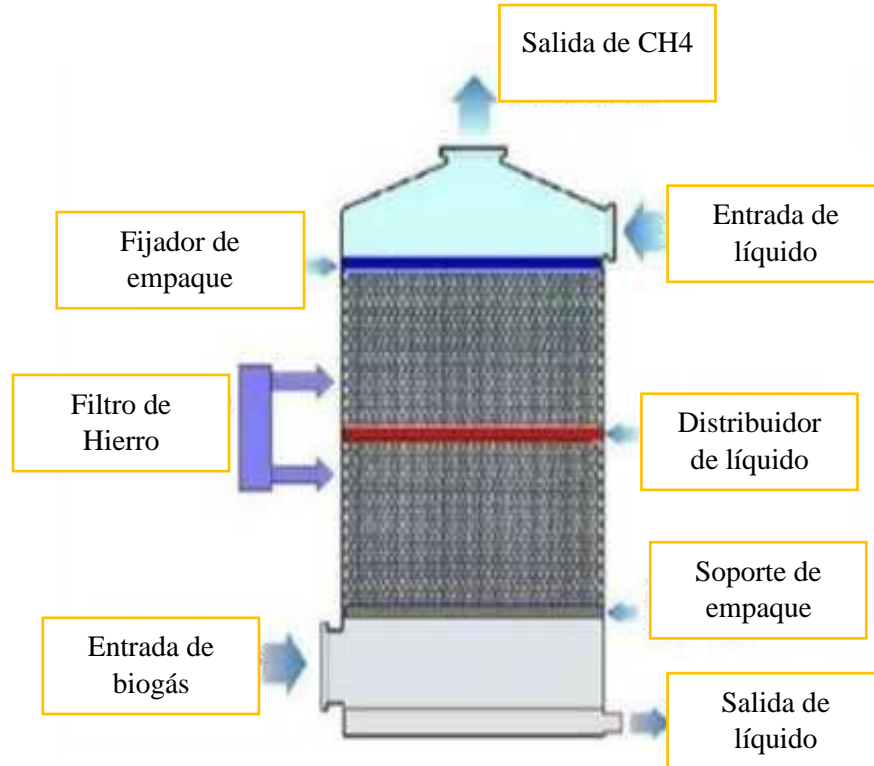
### ***Segundo tratamiento***

Proceso que puede ser denominado filtro secundario toda vez que se aplica un segundo método para purificar el biogás. En este caso suele utilizarse el método de absorción física. Hablar de absorción física es hablar de un método adecuado para los proyectos de esta naturaleza. Las razones de la misma descansan en el bajo costo de inversión, en el reducido costo de operación y la elevada eficiencia del sistema de purificación.

Este método es preponderante debido a que usa agua presurizada como medio de absorción. En esta etapa se presenta la compresión del biogás crudo, se alimenta desde el fondo a una columna de lecho empacada, la cual es llamada filtro de hierro. El agua presurizada se usa para rociar desde la cima de columna. La etapa absorbente es un proceso necesario de contracorriente. En esta importante etapa del proceso se logra disolver el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S, los cuales después son colocados en el fondo de la torre.

Figura 7

Sistema de absorción física



Fuente: Tomado de (Santos Díaz, 2018)

### **Plan de mantenimiento preventivo.**

**Inspección diaria:** Verificar el nivel de líquido en el biodigestor y asegurarse de que el sistema esté funcionando correctamente.

**Limpieza mensual:** Realizar una limpieza a fondo del biodigestor para eliminar cualquier residuo o material que pueda interferir con el proceso de digestión. Limpiar los filtros y las tuberías para asegurarse de que estén libres de obstrucciones.

**Revisión trimestral:** Realizar una revisión exhaustiva del sistema de biodigestión para identificar posibles fugas o problemas de funcionamiento. Verificar el PH del líquido en el biodigestor y ajustarlo si es necesario.

**Mantenimiento semestral:** Reemplazar cualquier pieza del sistema que se encuentre desgastada o dañada. Realizar una prueba de estanqueidad para asegurarse de que no haya fugas en la estructura.

Es importante tener en cuenta que este plan de mantenimiento preventivo es solo un ejemplo y que debe ser adaptado a las necesidades específicas del biodigestor de la Granja Don Víctor. También se recomienda seguir las recomendaciones y directrices del fabricante del sistema de biodigestión para garantizar un mantenimiento adecuado y prolongar la vida útil de la estructura.

Otro de los elementos importantes a ser considerado tiene que ver principalmente con la realización de la regeneración. La regeneración acarrea un conjunto de acciones principalmente orientados a sustituir los filtros de acuerdo a las indicaciones que han sido dadas previamente por proveedores. De la misma forma se debe tener en consideración a las especificaciones técnicas consideradas en diversos estudios para el caso de los sistemas de biodigestión.

Los fabricantes de todos los equipos instalados deberán entregar certificados de calibración de cada uno de los equipos perfectamente en funcionamiento, además de las recomendaciones y sugerencias a los operadores del sistema, que incluyan programas de inspección y puntos específicos a verificar.

Para tener un adecuado mantenimiento de los equipos, materiales que se va a utilizar y que son necesarios para que el proyecto tenga vida y se desarrolle de la mejor manera durante un buen tiempo se ha de incluir un conjunto de programas de inspección de los puntos específicos. La inspección ha de incluir un conjunto de acciones que tienen que ver sobre todo con la limpieza, la vigilancia diaria del tanque de almacenamiento, la verificación de los equipos y el correcto funcionamiento de cada uno de ellos, la medición de algunos sistemas para verificar su funcionamiento y la producción que se está generando.

### 3.2 Cálculo de la demanda de energía eléctrica de la granja Don Víctor.

#### 3.2.1. Electro Oriente S.A.

Con el objetivo de determinar el consumo mensual de energía eléctrica en kilovatios-hora (kWh) en la Granja Don Víctor, se ha realizado un análisis exhaustivo de los recibos proporcionados por Electro Oriente S.A, empresa regional de servicio público de electricidad que atiende la zona.

Electro Oriente S.A. es una entidad de economía mixta que opera en la distribución y comercialización de energía eléctrica en la región del norte oriente del país.

Tabla 10

Consumo de energía eléctrica durante los últimos doce meses.

Mes	Recibo N°	Tarifa	Tipo de conexión	Fecha de lectura	Importe S/.	Energía (kWh)
Mayo	25133993 422	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	12/05/2021	244.08	300.00
Junio	25133993 425	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	9/06/2021	260.35	320.00
Julio	25133993 428	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	8/07/2021	292.90	360.00
Agosto	25133993 431	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	5/08/2021	235.94	290.00
Septiembre	25133993 434	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	12/09/2021	235.94	290.00
Octubre	25133993 437	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	12/10/2021	276.62	340.00
Noviembre	25133993 435	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	13/11/2021	260.89	320.67
Diciembre	25133993 434	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	14/12/2021	261.82	321.81
Enero	25133993 432	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	15/01/2022	262.75	322.95
Febrero	25133993 432	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	16/02/2022	263.68	324.10
Marzo	25133993 433	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	17/03/2022	264.61	325.24
Abril	25133993 433	BT5B Residencial	Monofásica - aérea	18/04/2022	265.54	326.38

*Fuente:* Tomado de los recibos adjuntos de Electro Oriente Jaén

La Tabla 10 presenta un registro de consumo de energía eléctrica durante los últimos doce meses, detallando información relevante como el número de recibo, la tarifa, el tipo de conexión, la fecha de lectura, el importe en soles y la cantidad de energía consumida en (kWh)

Tabla 11

Facturación mensual por consumo de energía eléctrica.

<b>Mes</b>	<b>Importe (S/.)</b>	<b>Energía (kWh)</b>
Mayo	244.08	300.00
Junio	260.35	320.00
Julio	292.90	360.00
Agosto	235.94	290.00
Septiembre	235.94	290.00
Octubre	276.62	340.00
Noviembre	260.89	320.67
Diciembre	261.82	321.81
Enero	262.75	322.95
Febrero	263.68	324.10
Marzo	264.61	325.24
Abril	265.54	326.38
<b>Promedio</b>	<b>260.43</b>	<b>320.10</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3 125.15</b>	<b>3841.15</b>

*Fuente:* Tomado de los recibos adjuntos de Electro Oriente Jaén.

La Tabla 11 detalla la facturación mensual por consumo de energía eléctrica, donde se aprecia el importe en soles correspondiente a cada mes, destacando un promedio mensual de S/ **260.43** y una facturación total de S/ **3 125.15** en los últimos doce meses.

### 3.2.2. Análisis y cálculo de la potencia instalada y máxima demanda, kWh.

En la tabla 12 se ha hecho cálculo de la carga instalada, potencia instalada, máxima demanda, el consumo en kWh al mes, diseño de protecciones eléctricas.

Tabla 12

Cálculo de la potencia instalada y máxima demanda y los kWh al mes.

TABLERO	DESCRIPCIÓN DEL LOCAL	PUNTOS	CARGA INSTALADA (W)	POTENCIA INSTALADA (W)	FACTOR DE DEMANDA (f.d)	MÁXIMA DEMANDA (W)	DIAS DE USO	TIE MPO HORAS DIARIAS	CONSUMO MENSUAL kWh	CORRI ENTE (A)	CORRI ENTE DE DISEÑO Id (A)	LONGITUD DE CONDUCTOR (m)	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	CAÍDA DE TENS IÓN (V)	CAÍDA DE TENS IÓN (%) <2.5 %	INTERRUPTOR (A)	TIPO DE CONDUCTOR	DUCTO (mm <sup>2</sup> )
<b>TG</b>			<b>3.97</b>		<b>2.7</b>				<b>319.5</b>									
<b>TD-01</b>	<b>AMBIENTES</b>		<b>1552</b>		<b>952</b>				<b>98031.5</b>	4.81	6.01	<b>10.00</b>	<b>6</b>	0.35	0.16	<b>2x32</b>	<b>N2XOH</b>	<b>32</b>
<b>C-1</b>	Alumbrado cuarto de maquinas	2	14	28	1	28	5	<b>1.0</b>	140	0.14	0.18	13.00	2.5	0.03	0.01	2x10	TH-80	20
<b>C-1</b>	Alumbrado galpones	6	14	84	1	84	30	<b>0.2</b>	504	0.42	0.53	80.00	2.5	0.59	0.27	2x10	TH-80	20
<b>C-2</b>	Alumbrado exterior	6	40	240	1	240	30	<b>6.0</b>	43200	1.21	1.52	45.00	2.5	0.95	0.43	2x10	TH-80	20
<b>C-2</b>	Tomacorrientes	3	150	450	0.5	225	30	<b>8.0</b>	54000	1.14	1.42	15.00	4	0.19	0.08	2x16	TH-80	20
<b>C-3</b>	Carga especial (motor eléctrico)	2	375	750	0.5	375	1	<b>0.5</b>	187.5	1.89	2.37	7.00	4	0.15	0.07	2x20	TH-80	20
<b>TD-02</b>	<b>AMBIENTES</b>		<b>387</b>		<b>200.5</b>				<b>44.3</b>	1.01	1.27	93.00	6	0.69	0.31	2x32	N2XOH	32
<b>C-1</b>	Alumbrado	1	14	14	1	14	5	<b>0.1</b>	7	0.07	0.09	4.00	2.5	0.00	0.00	2x10	TH-80	20



<b>C-2</b>	Carga especial 01 (Electrobomba)	1	373	373	0.5	186.5	30		37.3	0.94	1.18	5.00		0.05		2x25	TH-80	20
								<b>0.2</b>					4	0.02				
<b>TD-03</b>	<b>AMBIENTES</b>			<b>576</b>		<b>351</b>			<b>54756</b>	1.77	2.22	93.00	6	1.20	0.55	2x32	N2XOH	32
<b>C-1</b>	Alumbrado galpones	9	14	126	1	126	30		756	0.64	0.80	80.00	2.5	0.89	0.40	2x10	TH-80	20
<b>C-2</b>	Tomacorrientes	3	150	450	0.5	225	30	<b>8.0</b>	54000	1.14	1.42	15.00	4	0.19	0.08	2x16	TH-80	20
<b>TD-04</b>	<b>AMBIENTES</b>			<b>1454</b>		<b>1154.0</b>			<b>166640.0</b>	5.83	7.29	<b>97.00</b>	<b>6</b>	4.12	1.87	<b>2x32</b>	<b>N2XOH</b>	<b>32</b>
<b>C-1</b>	Alumbrado	2	14	28	1	28	30	<b>1.0</b>	840	0.14	0.18	15.00	2.5	0.04	0.02	2x10	TH-80	20
<b>c-2</b>	Alumbrado exterior	2	40	80	1	80	30	<b>8.0</b>	19200	0.40	0.51	15.00	2.5	0.11	0.05	2x16	TH-80	20
<b>c-3</b>	Tomacorrientes	4	150	600	0.5	300	30	<b>8.0</b>	72000	1.52	1.89	20.00	4	0.33	0.15	2x16	TH-80	20
<b>C-4</b>	Carga especial (motor eléctrico 2HP)	1	746	746	1	746	20	<b>5.0</b>	74600	3.77	4.71	5.00	4	0.21	0.09	2x25	TH-80	20
<b>TOTAL, W</b>				<b>3969</b>		<b>2,657.50</b>			<b>319471.8</b>									

NOTA: Elaboración propia, a partir del estudio cargas reales del predio Don Víctor

### 3.3 Diseño del sistema generador de energía eléctrica que funcione con biogás

#### 3.3.1. Cómputo de la energía (E).

La energía ha tenido concepciones diversas. Aquí la concepción utilizada se asocia a la electricidad para poder cubrir la demanda energética de la Granja Don Víctor. El biogás es la fuente principal para la producción de energía eléctrica, por lo tanto, se ha procedido al cómputo de la cantidad de metano que se encuentra en el biogás calculado previamente. Para este cómputo se toma como base los datos de Santos (2018), donde indica que el biogás está constituido por 60% de metano.

#### Cálculo del metano

$$CH_4 = PG * 60\%$$

$$CH_4 = 31.53 \frac{m^3}{día} * 0.6$$

$$CH_4 = 18.92 \frac{m^3}{día}$$

#### Calcular la energía

Por 1m<sup>3</sup> de metano es equiparable a 10 kWh/m<sup>3</sup> según Santos (2018), al ejecutar estas acciones se ha procedido del siguiente que 18.92  $\frac{m^3}{día}$ , daría una energía 189.2 kWh/ al día.

#### Computo la energía eléctrica

Para la energía eléctrica se considera un motor con una eficiencia de 33%.

$$Ee = 189.2 kWh * 0.33$$

$$Ee = 62.2 kWh$$

### 3.3.2. Generador

La máxima demanda del predio Don Víctor es 2.7 kW calculado en la tabla 12, por lo tanto, en el mercado hemos encontrado generadores de (3kW, 5kW, 10kW, etc.), para la elección del generador resumimos los datos obtenidos en la tabla 13.

Tabla 13

Datos obtenidos para el cálculo del generador

CH4 m <sup>3</sup> , producido por día	18.92
Máxima demanda kW	2.7
Consumo mensual kWh	319.5
Consumo diario kWh	10.65

### CÁLCULO HORAS DE TRABAJO DEL GENERADOR

Con los datos mencionados anteriormente hemos seleccionado un generador de 3 kW, una característica destacada es su eficiencia energética, que su consumo de combustible es de 1.5 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por hora. ver anexo E.

Calculamos el tiempo por día, dividimos 18.92m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> producido por día con el consumo del generador 1.5m<sup>3</sup>/h.

$$T = \frac{18.92m^3}{1.5m^3/h}$$

$$T = 12.55 \text{ h}$$

Donde obtenemos un periodo de trabajo del generador de 12.55 horas al día.

### CÁLCULO DE POTENCIA SUMINISTRADA (PS)

Para saber los kWh se multiplica la Potencia del generador (kW) con el tiempo (horas).

$$PS = 3kW * 12.55h$$

$$PS = 37.64kWh$$

Entonces la producción de 37.64 kWh al día, es mayor a lo que requiere el predio don Víctor que es de 10.65 kWh próximamente.

### **3.3.3. Sistema eléctrico**

#### **Dispositivos de protección.**

De acuerdo al CNE-U, aplicando las normas 080-104 y 160-204 cuyos diagramas presentan los resultados con una condición adecuada de las protecciones, se ha utilizado disyuntores termomagnéticos para la capacidad nominal o la regulación de los dispositivos de sobreintensidad basado en el cálculo de la corriente. Los interruptores diferenciales son para la protección de las personas según la NTP- IEC. 61008.

#### **Conductores para alimentación y derivación de tableros**

Los conductores eléctricos que se utilizaron TH-80, 2.5mm para luminarias y los tomacorrientes serian TH-80, 4 mm las cuales serán instalados en tuberías y cajas, donde alcanzan sus puntos respectivos de carga de acuerdo al diagrama unifilar.

Los circuitos y ramales desde el tablero hasta los puntos de carga serán de tubería de PVC-P empotrados en el piso y techo las cuales conducirán los cables TH-80.

En la siguiente tabla se basa en los cálculos realizados de acuerdo con las normas y regulaciones aplicables, como la norma IEC 60364. Es importante tener en cuenta la corriente real de un cable las cuales varían según las condiciones específicas de su aplicación, es recomendable verificar los cálculos con las normas y los fabricantes.

Tabla 14

Valores aproximados en amperios para conductores tipo TH-80

N°	Sección transversal del conductor (mm <sup>2</sup> )	Capacidad de corriente (A)
1	1.5	16
2	2.5	22
3	4	30
4	6	38
5	10	56
6	16	81
7	25	113
8	35	146
9	50	187
10	70	241
11	95	304
12	120	349
13	150	399
14	185	456
15	240	545

*Nota.* La tabla representa los valores nominales de corriente eléctrica(A) que pueden soportar de acuerdo a su sección trasversal como unidades en mm<sup>2</sup>.

### 3.4 Evaluación técnica y económica de la propuesta.

#### 3.4.1. Costos de instalación inicial de la propuesta

Los costos de instalación de la propuesta del sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdo se realizaron determinando los ingresos y egresos, tal como se detalla a continuación.

##### Costos del biodigestor.

Todo proyecto, propuesta, iniciativa acción debe ser evaluada en función de los beneficios y el costo de recursos que ella demanda. De ese modo aquí se ha previsto la inversión en algunas herramientas, equipos e instrumentos que han de facilitar la intervención.

##### Selección del generador

El generador seleccionado que funciona con biogás, cumple con los requisitos para la generación de energía eléctrica en la granja Don Víctor, su precio cotizado es de 5000 nuevos soles. Ver anexo E

##### Obras civiles para el sistema del biodigestor

Se deberá realizar trabajos de la limpieza, nivelación del terreno, trazo y replanteo de obra, se realizarían también excavaciones, relleno y compactación, dejando apto para realizar las instalaciones de tuberías para los sistemas de agitación, medición y recolección de datos del biogás.

Tabla 15

Excavación y componentes para el biodigestor.

Nº	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
<b>1</b>	<b>Materiales</b>			<b>1000.00</b>
1.1	Accesorios múltiples	1	1000.00	1000.00
<b>2</b>	<b>Mano de Obra</b>			<b>600.00</b>
2.1	Costo de Instalación	1	600.00	600.00

<b>3</b>	<b>Gastos generales</b>			<b>160.00</b>
3.1	Imprevistos	1	160.00	160.00
	Sub total			1760.00
	IGV 18%			<b>316.80</b>
	Total S./			<b>2076.80</b>

Fuente: Elaborado por los investigadores

Tabla 16  
Accesorios del biodigestor.

N.º	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
<b>1</b>	<b>Materiales</b>			<b>5820.00</b>
1.1	Geomembrana	100	30.00	3000.00
1.2	Bolsa de almacenamiento	1	1000.00	1000.00
1.3	Válvula de seguridad	1	500.00	500.00
1.4	Tuberías	4	30.00	120.00
1.5	Componentes para biodigestor	1	1200.00	1200.00
<b>2</b>	<b>Mano de Obra</b>			<b>7200.00</b>
2.1	Costo de Instalación	12	600.00	7200.00
<b>3</b>	<b>Gastos generales</b>			<b>6962.00</b>
3.1	Viáticos	4	40.00	160.00
3.2	Generador	1	5000.00	5000.00
3.3	Tablero eléctrico	1	500.00	500.00
3.4	Imprevistos	1	1302.00	1302.00
	Sub total			<b>19982.00</b>
	IGV 18%			3596.76
	Total S./			<b>23578.76</b>

Fuente: Elaborado por el investigador.

### 3.4.2. Ingresos

#### Bonos de carbono

Los bonos de carbono son muy importantes para reducir los gastos e incrementar los ingresos y ahorros en la Granja Don Víctor. El cálculo de la misma parte de la producción del metano (CH<sub>4</sub>)

#### Al día.

$$CH_4 = 18.92 \frac{m^3}{día}$$

#### Por mes

$$CH_4 = 18.92 \frac{m^3}{día} * 30$$

$$CH_4 = 567.60 \frac{m^3}{mes}$$

Se ha hecho el cálculo del CH<sub>4</sub> para el promedio mensual, para hacer dicha ponderación se ha multiplicado por 30 días.

El cálculo del bono de carbono incluye la siguiente fórmula:

$$BC = CH_4 \frac{m^3}{mes} * \frac{21m^3}{1000mes}$$

$$BC = 567.60 \frac{m^3}{mes} * \frac{21m^3}{1000mes}$$

$$BC = 11.62 \frac{m^3}{mes}$$

Entonces al año sería:

$$BC = 11.62 * 12 \frac{m^3}{mes}$$

$$BC = 139.44 \frac{m^3}{año}$$



Según MINAN 2022, menciona que por  $1m^3$  de bono de carbono equivalente a 12 dólares, entonces multiplicando dólares por la cantidad de bonos al año tendríamos un ingreso de **1 673.28** dólares, es un aproximado **6 325** soles peruanos.

**Descuento convertido en ingreso por pagos servicio de energía eléctrica.**

Tabla 17

Ingreso estimado a partir del primer mes de instalación de la propuesta

Mes	Consumo estimado kWh	Precio kWh S/.	Ingreso total S/.
Mayo	300	0.8334	S/ 250.02
Junio	320	0.8334	S/ 266.69
Julio	360	0.8334	S/ 300.02
Agosto	290	0.8334	S/ 241.69
Septiembre	290	0.8334	S/ 241.69
Octubre	340	0.8334	S/ 283.36
Noviembre	320.67	0.8334	S/ 267.25
Diciembre	321.81	0.8334	S/ 268.20
Enero	322.95	0.8334	S/ 269.15
Febrero	324.1	0.8334	S/ 270.10
Marzo	325.24	0.8334	S/ 271.06
Abril	326.38	0.8334	S/ 272.01
<b>Total (S/)</b>			<b>S/ 3 201.21</b>

*Fuente:* Elaborado por el investigador.

**3.4.3. Egresos**

Los egresos son considerados los gastos que se hará por mantenimiento preventivo

Tabla 18

Gastos por mantenimiento y cambio de filtros de gas por año.

Descripción	Cantidad	Precio Uní. (S/.)	Total (S/.)
Trabajadores	2	80.00	160.00
Filtros	2	50.00	100.00
Imprevistos			340.00
<b>Total</b>			<b>600.00</b>

*Fuente:* Elaborado por el investigador.

### 3.4.4. Para los primeros 10 años de instalación calculado con el VAN y TIR en Excel.

La evaluación técnica y económica busca conocer si la propuesta a implementar es rentable. Para ello se tendrá que determinar la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y el tiempo de recuperación de la inversión (Payback).

Son los ingresos estimados que se produce a partir del primer mes de instalación de la energía generada, tal como se muestra en la tabla 18, para el sistema propuesto.

Tabla 19

Ingresos y egresos estimados para los 10 años de la propuesta

Año	Flujo de ingresos	Flujo de egresos	Flujo de efectivo neto
	X	Y	X-Y
1	9526.20	600.00	8926.20
2	9811.99	618.00	9193.99
3	10106.35	636.54	9469.81
4	10409.54	655.64	9753.90
5	10721.82	675.31	10046.52
6	11043.48	695.56	10347.91
7	11374.78	716.43	10658.35
8	11716.02	737.92	10978.10
9	12067.51	760.06	11307.44
10	12429.53	782.86	11646.67
<b>TOTAL</b>	<b>109207.21</b>	<b>6,878.33</b>	<b>102328.88</b>

*Fuente:* Elaboración propia en Excel, en el primer año el ingreso total es el pago de servicio de energía eléctrica más los bonos de carbono, y los egresos sería por mantenimiento preventivo y correctivo según corresponda.

Tabla 20

Cálculo del VAN Y TIR, en Excel.

Formulación de datos		cálculo	
Flujo 1=	8926.20	VAN=	S/35,790.11
Flujo 2=	9193.99		
Flujo 3=	9469.81		
Flujo 4=	9753.90		
Flujo 5=	10046.52		
Flujo 6=	10347.91		
Flujo 7=	10658.35		
Flujo 8=	10978.10		
Flujo 9=	11307.44		
Flujo 10=	11646.67	TIR=	36%
n=	10		
i=	10%		
IO=	<b>25655.56</b>		

Fuente: Elaboración propia en Excel, nos da un VAN S/.35 790.11 y TIR 36%

Dependiendo del valor que se determine del VAN se realiza el proyecto.

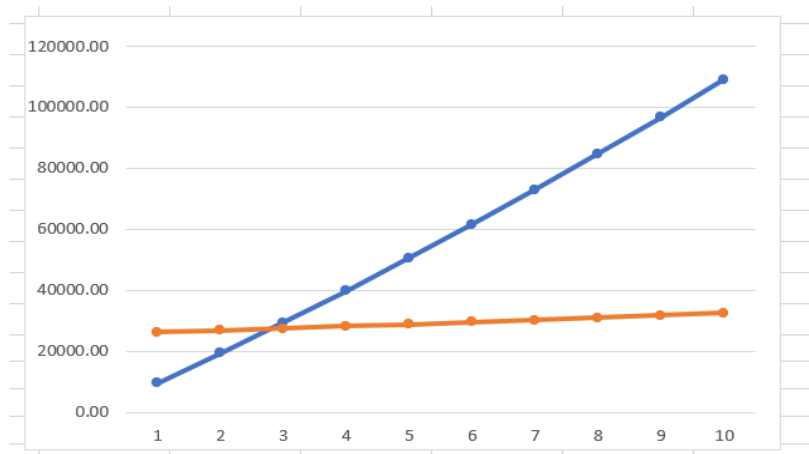
Estimado el ingreso del primer año de instalación de la propuesta, se calculó que los ingresos para los primeros 10 años, tendrá un incremento de precios de 3% anual el cual se refleja en la tabla 19; teniendo en cuenta la vida útil del biodigestor.

### Punto de equilibrio del proyecto

Al contemplar los costos de ingreso y egresos se obtuvo el punto de equilibrio, en la que se demuestra el año en que se da el retorno de la inversión. el tiempo de recuperación se calculó dividiendo la inversión inicial con el promedio de flujo, como resultado da 2.5 años.

Figura 8

Punto de equilibrio de ingresos y egresos



*Fuente:* Elaboración propia en Excel.

En la figura N.º 08, se observa que en año 2.5 se da el punto de equilibrio, esto quiere decir que desde el año en mención se empieza a recuperar la inversión.

Utilizando la hoja de cálculo de Excel se determinó el valor actual Neto obteniendo un valor positivo para la propuesta de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por el estiércol de cerdos en la granja Don Víctor, del cual se puede afirmar que si la propuesta se implementa sería rentable a valores actuales a una tasa de 3%.

Con la misma herramienta se determina la tasa interna de retorno, la propuesta de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por el estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor de 36% si se implementa la propuesta se obtendría un buen margen de rentabilidad.

#### IV. DISCUSION

La metodología implementada en esta investigación se enmarca en un enfoque aplicado de naturaleza cuantitativa, respaldado por un diseño experimental. En este contexto, se procedió a recolectar de manera diaria durante un periodo de seis meses, el estiércol y la orina de los cerdos en la Granja Don Víctor, para luego ser sometidos a un proceso de pesaje. Esta metodología guarda similitudes con investigaciones previas como las de Venegas (2019), Osejos Merino (2018), Santos (2018), Collazos Vargas (2019) y Garay, aunque esta última se destaca por la inclusión de estadísticas de Box-Behnken, las cuales permitieron identificar el poder calorífico individual de cada biogás producido durante la investigación.

La investigación arrojó que, en la Granja Don Víctor, la producción diaria de estiércol y orina es de 0.7508 m<sup>3</sup>, proveniente de 100 cerdos, el cual conlleva a la generación de 31.53 m<sup>3</sup> de biogás al día y 945.9 m<sup>3</sup> al mes. Este hallazgo guarda similitudes con los resultados de Venegas (2019), quien encontró una producción de biogás de 670 m<sup>3</sup> al mes para 500 cerdos y 1,450 m<sup>3</sup> al mes para 1000 cerdos. Asimismo, la FAO (2019) registró una producción de biogás de 345.6 m<sup>3</sup>/día y 10,368.0 m<sup>3</sup>/mes, tomando como muestra 350 madres. Santos (2018) concluyó que con 3521 cerdos se producen 21.23 m<sup>3</sup>/día, 643.91 m<sup>3</sup>/mes y 7727.23 m<sup>3</sup>/año de estiércol. En el mismo sentido, Castañeda & Herrera (2019) evidenciaron que con 270 reses se podría producir 123.52 m<sup>3</sup>/día.

La máxima demanda en la Granja Don Víctor es de 2.7 kW, y la potencia instalada 3.97 kW, esto concuerda con los resultados de Venegas (2019), quien estimó una demanda de 10 kWh para cubrir las necesidades eléctricas, por otro lado, FAO (2019) indicó una necesidad de 79.1 kWh para un proyecto similar, Santos (2018) determinó una demanda máxima de 88.277 kW y Esquen (2019) propuso una potencia instalada de 945 W y una máxima demanda de 472.5 W.

La evaluación económica para este proyecto se realizó tomando en cuenta los siguientes datos: Pago por consumo eléctrico mensual 257.64 soles, al año que sería 3091.68 soles, teniendo en cuenta una entrada anual de flujo neto 6349.40 programando la formula en Excel se obtuvo un Van 35790.11

proyectada para 10 años y aumento de costos por cada año al 3% y un TIR del 36%, de igual manera determino Venegas (2019), En ese sentido ha señalado que al evaluar el proyecto ha obtenido un VAN favorable y un TIR superior a la tasa de actualización. que el análisis financiero el consumo interno y los costos de operación, FAO(2019) es de 422 986 dólares, concluyendo que financieramente no es viable el proyecto por su alto costo de inversión, donde su valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR) son negativos, Santos (2018) Está proyectada a 10 años y tasa de crecimiento 9.5%, el análisis económico arrojó un VAN equivalente de S / 1.139677.950 y una TIR del 68%, determinando que se podría producir electricidad a partir del biogás producido a partir de purines de cerdo. Esquen (2018) la viabilidad del proyecto radica en su bajo costo o en un costo accesible. La evaluación del VAN arroja un monto de S/. 1154,91, frente a un 24% de TIR. Los beneficios del proyecto son la generación de energía eléctrica, Correa y Vargas (2019) De los resultados obtenidos en la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto económicamente resulta un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 244,674.30 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 47%, además un Tiempo de Recuperación de 3 años, los cual demuestra que el proyecto el viable, Castañeda y Herrera (2019) El costo de inversión del proyecto es de S/. 33 301 soles. El análisis de los indicadores dinámicos de la inversión muestra un VAN de S/. 4 344,23 y un TIR de 13%, con un índice de recuperación de toda la inversión de seis años, lo cual se considera favorable.

El Tipo de biodigestor seleccionado para la producción de biogás en la granja don Víctor fue de tipo laguna con una capacidad de 234.39 m<sup>3</sup> la cual tendrá una carga de 6.51m<sup>3</sup> diaria, de igual forma Santos (2018) El biodigestor tipo laguna cubierta fue seleccionado de acuerdo a las características y condiciones del lugar, teniendo una capacidad de 1016.71m<sup>3</sup> siendo la carga diaria 44.63 m<sup>3</sup>/día, Esquen (2018) escogió el biodigestor tubular o taiwanés, Castañeda y Herrera (2018) utilizaron por su cómoda instalación y de bajo costo, con base en el diseño de un biodigestor el cual fue de tipo tubular, el cual va a producir 3,35 m<sup>3</sup>/hora de gas metano 123,52 m<sup>3</sup>/día de biogás o 3,35 m<sup>3</sup>/hora de metano.

En el análisis de la información recopilada se puede deducir que el aumento de la producción biogás está directamente asociado a la cantidad de estiércol y orina que producen los cerdos en la granja. De los datos también se puede aceptar que, si es viable una propuesta de diseño de un sistema generador de energía eléctrica con biogás producido por estiércol de cerdos, en la granja Don Víctor.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Mediante la realización de un estudio exhaustivo para determinar la producción de estiércol y orina de los cerdos en la Granja Don Víctor, se ha obtenido información valiosa que arroja luz sobre la cantidad de desechos generados en diferentes etapas de vida de los cerdos. Utilizando la clasificación de los cerdos según su etapa y género, y aplicando los estándares de la FAO como referencia, se logró calcular la producción promedio diaria combinada de estiércol y orina de 0.7508 m<sup>3</sup> por cerdo.

A través del análisis minucioso de los registros de consumo de energía eléctrica proporcionados por Electro Oriente S.A. durante los últimos doce meses, se ha logrado una comprensión precisa de la demanda mensual de energía eléctrica en la Granja Don Víctor. La observación detallada de estos registros ha permitido estimar que la demanda promedio mensual de energía eléctrica es de alrededor de S/ 244.08, sumando una facturación total de un año de S/ 3 125.15 durante el período de estudio.

A través de un análisis detallado y calculado, se estableció un enfoque técnico completo que abarcó desde la cuantificación mensual de agua utilizada para la limpieza de los galpones y se determinó la cantidad de agua residual generada, incluyendo estiércol y orina de los cerdos. Además, se evaluó la cantidad de biogás generada a partir del estiércol de cerdo y se cuantificó la energía eléctrica que podría producirse, con esta información, se seleccionó un generador adecuado y se propuso un sistema de laguna cubierta como parte fundamental del biodigestor el cual demuestra una integración efectiva con el entorno geográfico y las condiciones de la Granja Don Víctor, asegurando un flujo constante de energía eléctrica y cumpliendo con los estándares de seguridad y eficiencia.

Mediante un análisis detallado de los ingresos proyectados y los egresos asociados a la instalación y operación del biodigestor, se ha demostrado que la propuesta posee una sólida base para la rentabilidad. La proyección de ingresos durante los primeros 10 años, considerando el incremento anual de precios y la vida útil del biodigestor, muestra un efectivo neto favorable, respaldado por un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 35 790.11 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 36%.



## 5.2 Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos en la determinación de la producción de estiércol y orina de los cerdos, se recomienda que en las diferentes grajas de cerdo se continúe monitoreando y registrando de manera constante la cantidad de desechos generados en cada etapa de vida de los cerdos. Este seguimiento permitirá ajustar y adaptar el sistema generador de energía eléctrica con biogás de manera efectiva, así como realizar proyecciones más precisas sobre la generación de energía y el rendimiento económico del proyecto a lo largo del tiempo.

Se sugiere considerar la posibilidad de implementar tecnologías de gestión de energía y almacenamiento que permitan optimizar aún más el uso de la energía generada a partir del biogás. Esto podría incluir sistemas de almacenamiento de energía para gestionar los picos de demanda y asegurar un suministro constante, así como soluciones de monitoreo y control para optimizar la operación del sistema generador y maximizar los beneficios económicos y ambientales para la Granja Don Víctor.

Se recomienda que la implementación del sistema generador de energía eléctrica basado en biogás se realice en coordinación con profesionales y expertos en el campo, quienes deben considerar un seguimiento continuo para monitorear el funcionamiento del sistema y realizar ajustes según sea necesario.

Se recomienda a los estudiantes y egresados de la Universidad Nacional de Jaén enfocarse en realizar investigaciones concretas en diversas áreas temáticas que se centren específicamente en el desarrollo de propuestas innovadoras y creativas.

## VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- BIOTECNOLOGIA . (2016). *BIOTECNOLIGIA*. Obtenido de <https://cienciaybiologia.com/metano-el-gas-de-efecto-invernadero/>
- CANARES, W. A. (2019). “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA. Obtenido de [positorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12938/propuesta%20de%20Implementacion%20de%20un%20biodigestor%20%20para%20minimizar%20el%20consumo%20de%20gas%20licuado%20de%20petrol%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12938/propuesta%20de%20Implementacion%20de%20un%20biodigestor%20%20para%20minimizar%20el%20consumo%20de%20gas%20licuado%20de%20petrol%20%281%29.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Coca, A. M. (2006). La demanda. Una perspectiva de marketing: reflexiones conceptuales y aplicaciones. *Redalyc.org*, 179. Recuperado el 01 de noviembre de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941257008.pdf>
- Collasos Correa, D., & Vargas Pérez, L. E. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIODIGESTORES PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DEL CAMAL MUNICIPAL DE JAÉN – PERÚ*. Tesis, Jaén - Perú. Recuperado el 20 de noviembre de 2022, de [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/209/1/Collasos\\_CD\\_Vargas\\_PLE.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/209/1/Collasos_CD_Vargas_PLE.pdf)
- Esquén, J. I. (2018). *Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica utilizando el biogás obtenido de la conversión del estiércol de ganado porcino en La Granja Mocupe, Distrito de Lagunas – Chiclayo*. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12893/3638>
- FAO. (2019). *Modelo de negocio de aprovechamiento energético de biogás en criaderos de cerdos*. Colección Informes Técnicos N.º 5. Buenos Aires.
- Garay, J. M., & Alberca, N. E. (2019). *Biometanización de la Materia Orgánica de Descargas Residuales Porcinas en el C.P. Ambato Tamborapa, Distrito de Bellavista, 2019*. Universidad Nacional de Jaén. doi:<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/150>
- MINAN. (2020). *MINISTERIO DEL AMBIENTE*. LIMA. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/690641-esto-debes-saber-sobre-los-bonos-de-carbono-en-nuestro-pais>
- Núñez, L. F., Castañeda, D. C., & Herrera, J. L. (2019). *Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica Utilizando Biogás Producido por Estiércol de Ganado Vacuno para la Hacienda el Potrero Bellavista – Jaén*. Universidad Nacional de Jaén. doi:<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/199>
- Osejos-Merino, M. A., Jaramillo-Véliz, J. J., Merino-Conforme, M. V., & Quimis-, A. J. (s.f.).
- Osejos-Merino, M. A., Jaramillo-Véliz, J. J., Merino-Conforme, M. V., Quimis-Gómez, A. J., & Alcívar-Cobeña, J. L. (22 de Abril de 2018). Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador. *Dom. Cien*.
- Osejos-Merino, M. A., Jaramillo-Véliz, J. J., Merino-Conforme, M. V., Quimis-Gómez, A. J., & Alcívar-Cobeña, J. L. (2018). *Producción de biogás con estiércol de cerdo a partir de un biodigestor en la Granja EMAVIMA Jipijapa – Ecuador*. Dom. Cien.
- Santos, P. J. (2018). *Evaluación para la generación de energía eléctrica, en base a biogás producido por la bosta de cerdo en la granja rico cerdo F&G. sac en la*

*clake distrito de Reque – Chiclayo-Lambayeque*. Tesis, Lambayeque, Pimantel - Perú. Recuperado el 20 de noviembre de 2022, de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5475/Santos%20D%c3%adaz%20Pa%c3%bal%20Jean%20Pierre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Venegas, J., Raj, D., & Pinto, R. (2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas. *Análisis Económico*, XXXIV(85), 169–187. doi:10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2019v34n85/Venegas

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño dedico este trabajo conciso y de rigurosidad académica a los docentes de nuestra Universidad, a mi fortaleza mis padres quienes son fuente de inspiración que me dio apoyo económico y moral.

**Jhonatan Lozano Olano**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo a mis queridos padres Elías José Gonzales Cubas y Enoila Cuchupoma Hurtado, quienes fueron la fuente principal para conseguir este peldaño más a mi formación profesional, mi familia por su apoyo económico y emocional

**Dermaly Gonzales Cuchupoma**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestros padres por ser anexo fundamental entre la esperanza, la lucha y el logro de resultados. Agradecemos con especial énfasis a nuestro asesor de investigación porque ha sido el ente articulador de las ideas y las prácticas, y han conducido directamente a la mejora significativa de la propuesta teórica, metodológica y práctica. Agradecimiento singular a todos aquellos amigos Ing Ronyl Jhandert Tinoco Lozada y colaboradores que permitieron recolectar la data, procesar e interpretar para ofrecer resultados significativos que contribuyen al desarrollo propositivo de la ciencia y la tecnología.

Anexo A: Visita a granja de cerdos Don Víctor.



Anexo B: Cerdos existentes según la edad y sexo en la granja Don Víctor



Anexo C: Recolección de estiércol de cerdo en la granja Don Víctor





Anexo D: Masa en kg del estiércol de cerdo de la granja Don Víctor



Anexo E: Selección del generador, ficha técnica y proforma.

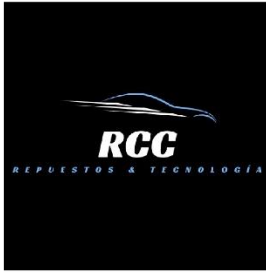
---

Generador de energía con biogás 3kW	
Características	
Lugar de origen	China
Potencia	3 kW
Tipo de combustible	GAS
N° de Serie	D8500SE
Voltaje	220/380 V
Amperaje	21 A
Frecuencia	50/60 Hz
RPM	3000/3500
Refrigeración	Por aire
Nivel de ruido	65-75 db
Tamaño y peso	91*53*84 -170 kg
Sistema de arranque	Inicio eléctrico
Tipo de cilindro	Aluminio
Mantenimiento	2200 h
Consumo	1.5 m <sup>3</sup> /h
Certificación	ISO/9001-14001

---

Fuente: (RCC Repuestos)





## RCC REPUESTOS Y TECNOLOGIA

RIVERA SALDAÑA RONALD

Prolongación Raymondi N° 104 - Jaén

Cel: 968 388 933 / 979 687 170 / 944 308 167

R.U.C. N° 10475241962

PROFORMA

PF02-00000052

NOMBRE: JHONATAN LOZANO OLANO

DNI: 72320028

DIRECCIÓN: CALLE MARISCAL SUCRE 1649 SECTOR PUEBLO NUEVO JAEN JAEN CAJAMARCA

EMISIÓN: 2023-09-20

VENCIMIENTO: 2023-09-23

MONEDA: SOL (PEN)

FORMA DE PAGO: CONTADO

CANTIDAD	CÓDIGO y DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1 UNIDADES	GENERADOR 3KW	5,000.000	5,000.00
		OP. EXONERADA	5,000.00
		IGV	-
IMPORTE TOTAL (S/)			<b>5,000.00</b>

SON: CINCO MIL CON 00/100 SOLES

#### CUENTAS BANCARIAS

<b>Banco de Crédito BCP</b>	<b>395-92159850-0-33</b>
PEN (S/)	CCI: 00239519215985003324
<b>Scotiabank</b>	<b>122-0272734</b>
PEN (S/)	CCI: 009-032-201220272734-46
<b>YAPE</b>	<b>968388933</b>
PEN (S/)	
<b>PLIN</b>	<b>968388933</b>
PEN (S/)	

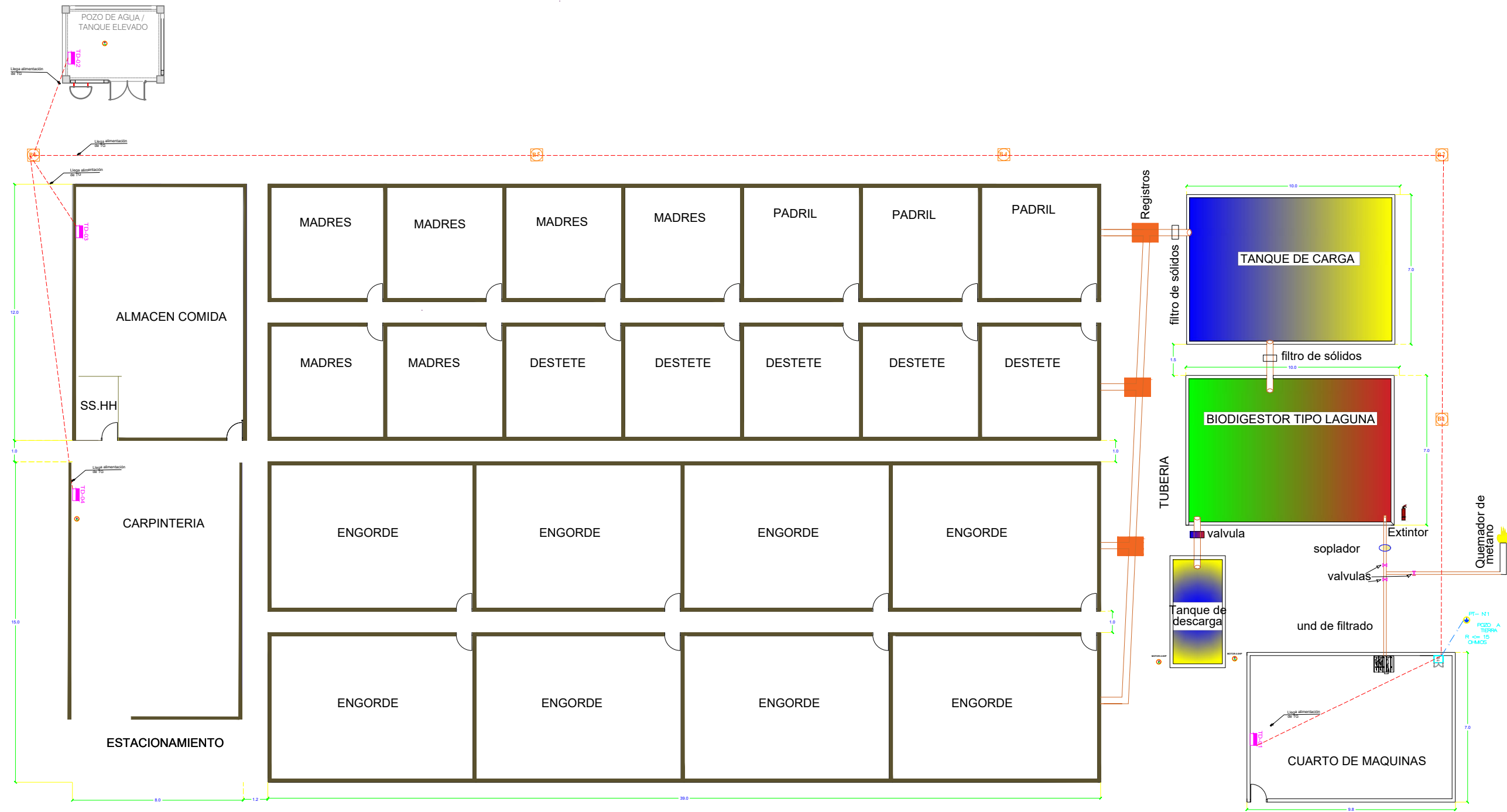
Documento generado en [fac.tecnorivers.com](http://fac.tecnorivers.com)

Facebook: @tecnoriver.es

CORREO: ronald@tecnoriver.com

Página 1 de 1

Anexo D: Planos eléctricos y distribución de la granja.



LEYENDA

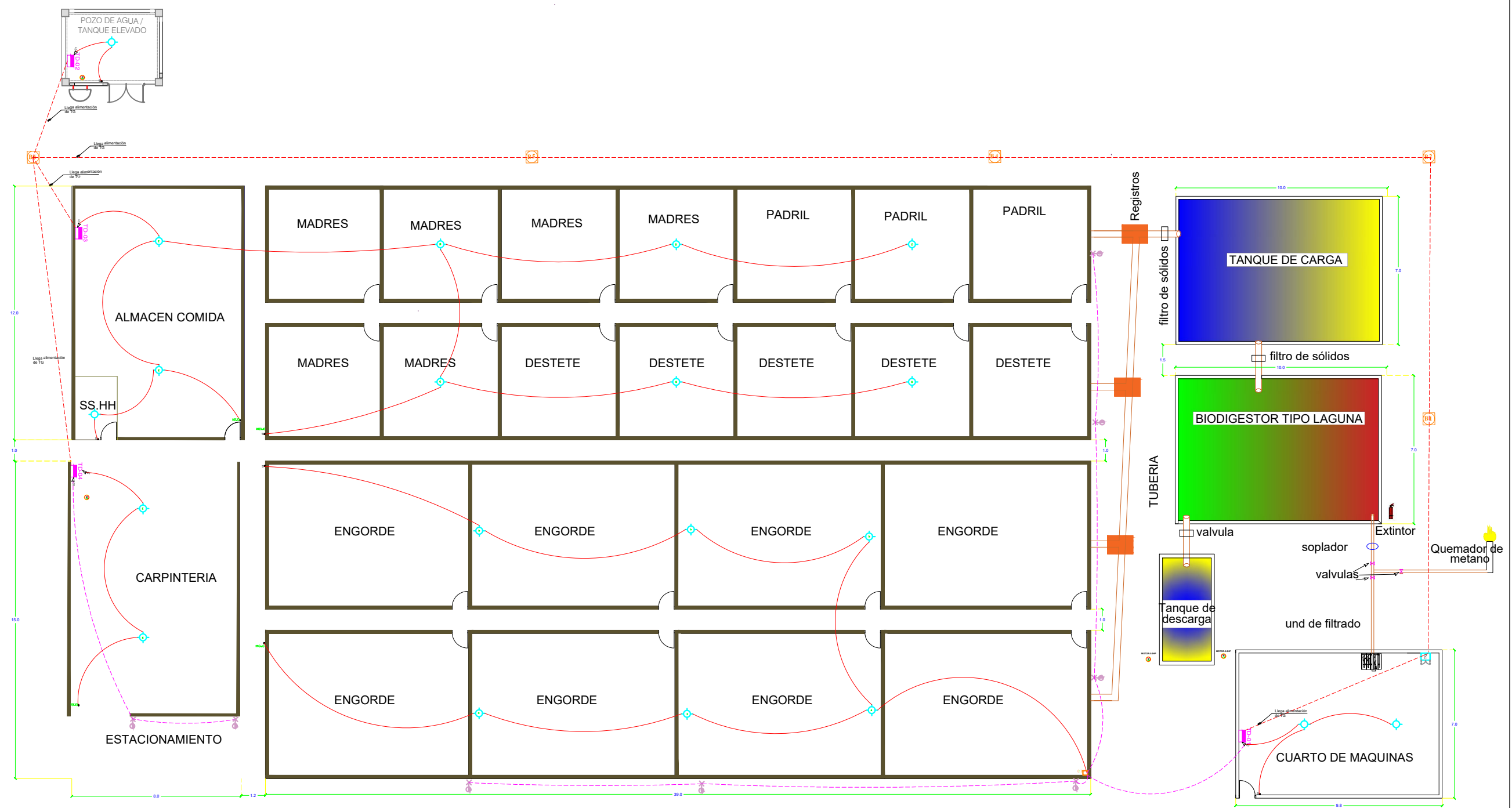
SIMBOLO	DESCRIPCION	TIPO DE CAJA (mm)	ALTURA (m.s.n.p.t)
	Tablero General	—	—
	Tablero de Transferencia Automática	—	—
	Tablero de distribución	Especial	1.80 B. Superior
	Caja de paso, dimensiones según clave. RM N° 091-2002-EM/VME, Sección 9: 09-93-08	—	—
	Buzón de concreto de 0.50 x 0.50 x 1.00 mt.	—	Piso

**GRANJA DON VICTOR**

PLANO: ALIMENTADORES Y TABLEROS

PROPIETARIOS: VICTOR CARRANZA QUILICHE

UBICACION: JAEN-CAJAMARCA CAD. DISEÑO: J.L.O. Esc. 2023. LAMINA: 1



**LEYENDA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ADOSADO O EMPOTRADO EN PARED (UBICADO DESDE EL BORDE SUPERIOR)	1,80 m
	FANOLA LED UBICADOS EN PISO 40 W - 2398 LÓMENES	PISO
	LUMINARIA LED SUSPENDIDA EN TECHO 22 W - 2799 LÓMENES	TECHO
	INTERRUPTORES UNIPOLARES SIMPLE Y DOBLE RESPECTIVAMENTE	1,40 m
	INTERRUPTORES UNIPOLARES DE CONMUTACIÓN SIMPLE	1,40 m
	CONDUCTOR TIERRA, CONDUCTOR NEUTRO, CONDUCTOR FASE O RETORNO RESPECTIVAMENTE	
	TUBERIA PARA ALUMBRADO EMPOTRADO EN TECHO PVC-P 20mmØ (SALVO INDICACION) PARA PASAR CABLE LS0H DE 2,5mm <sup>2</sup>	
	TUBERIA PARA ALUMBRADO EMPOTRADO EN PISO Y/O PARED PVC-P 20mmØ (SALVO INDICACION) PARA PASAR CABLE LS0H DE 2,5mm <sup>2</sup>	
	TUBERIA PARA ALUMBRADO EXTERIOR EMPOTRADO EN PISO PVC-P 20mmØ (SALVO INDICACION) PARA PASAR CABLE NZ0H DE 4mm <sup>2</sup>	

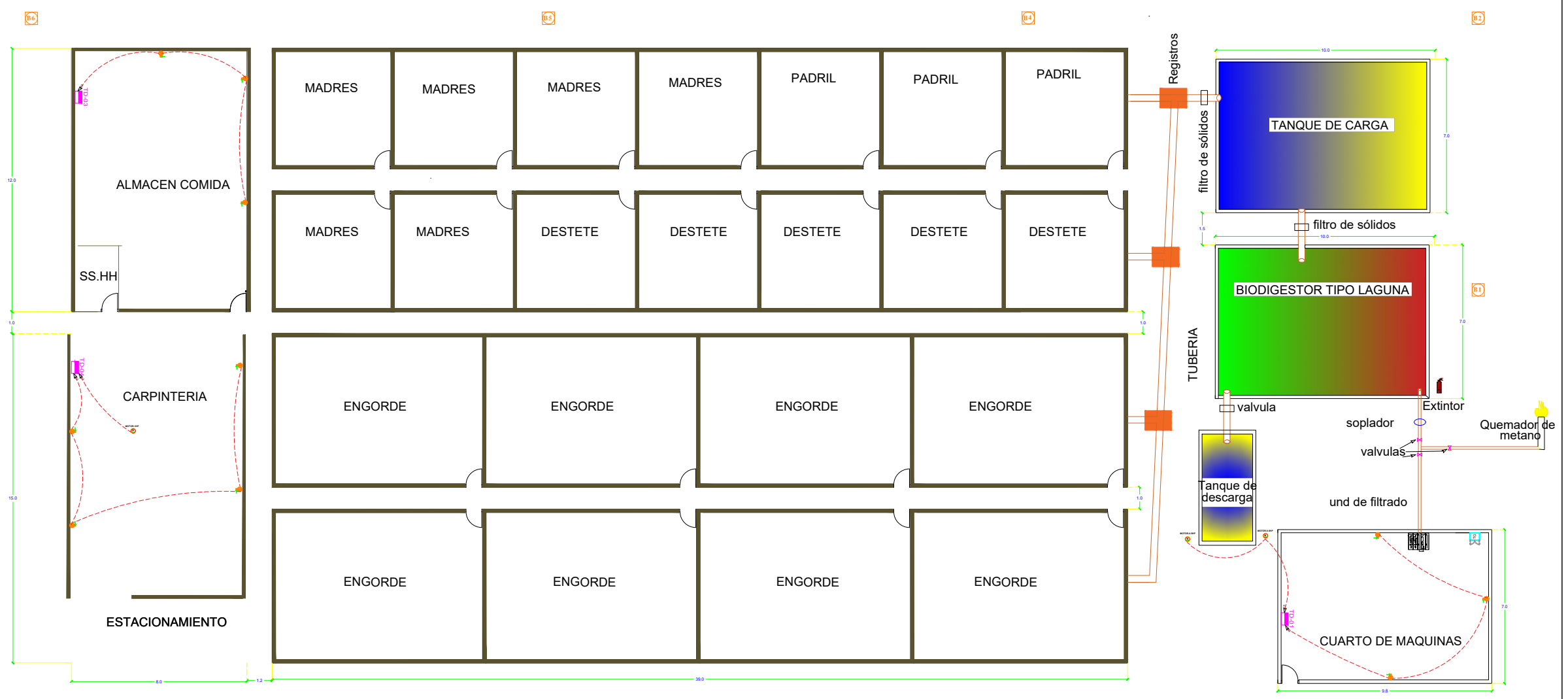
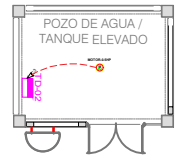
**GRANJA DON VICTOR**

PLANO: ALUMBRADO

PROPIETARIOS: VICTOR CARRANZA QUILICHE

UBICACION: JAEN-CAJAMARCA      DISEÑO: J.L.O.      LAMINA

FECHA: 2023      Esc.      2



LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION	TIPO DE CAJA (mm)	ALTURA (m.s.n.p.t)
	Tablero General	—	—
	Tablero de Transferencia Automática	—	—
	Tablero de distribución	Especial	1.80 B. Superior
	Caja de paso, dimensiones según clave. RM N° 091-2002-EM/VME, Sección 9: 09-93-08	—	—
	Interruptor termomagnético	—	—
	Interruptor termomagnético tipo Caja Moldeada de capacidad fija, (para los tableros de distribución)	—	—
	Interruptor diferencial superminuzado, sensibilidad 30mA	—	—
	Buzón de concreto de 0.50 x 0.50 x 1.00 mt.	—	Piso

- CLAVE DE CAJAS CUADRADAS
- (1) 100x100x55 mm
  - (2) 150x150x75 mm
  - (3) 200x200x100 mm
  - (4) 250x250x125 mm
  - (5) 300x300x125 mm
  - (6) 400x400x125 mm

**GRANJA DON VICTOR**

PLANO: TOMACORRIENTES Y CARGAS ESPECIALES

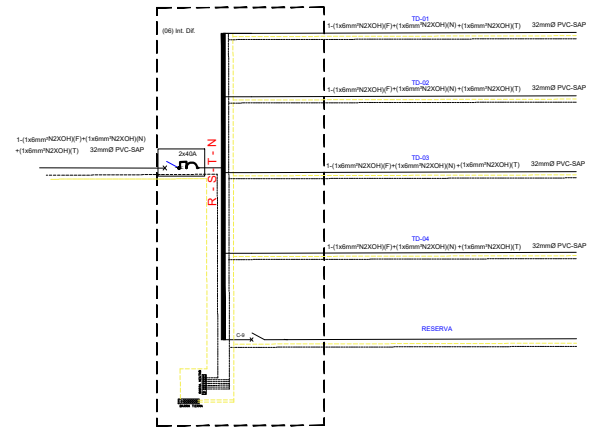
PROPIETARIOS: VICTOR CARRANZA QUILICHE

UBICACION: JAEN-CAJAMARCA CAD. DISEÑO: J.L.O Esc. CAD. LAMINA: 3

FECHA: 2023

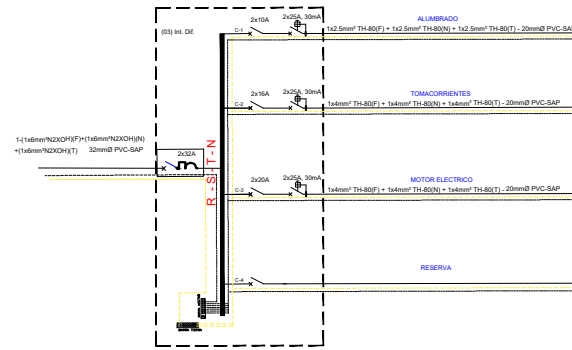


**ESQUEMA UNIFILAR TABLERO TG**  
(Del tipo para Empotrar, 220V, 60Hz, 6 Polos, M.D=3.989 Kw)

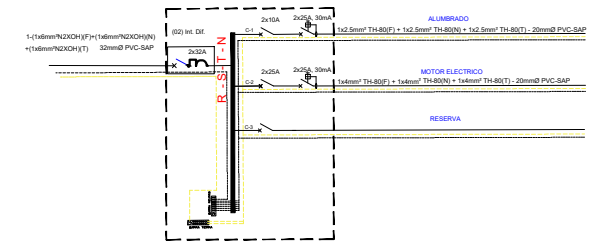


ESC: 1/25

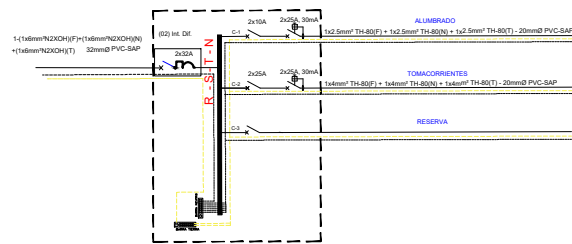
**ESQUEMA UNIFILAR TABLERO TD-01**  
(Del tipo para Empotrar, 220V, 60Hz, 16 Polos, M.D= 952w)



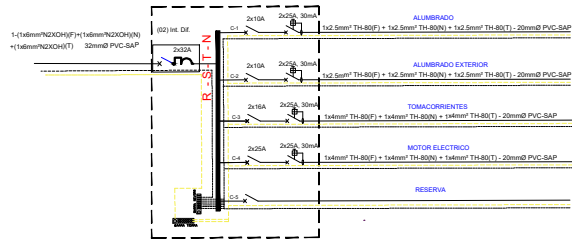
**ESQUEMA UNIFILAR TABLERO TD-02**  
(Del tipo para Empotrar, 220V, 60Hz, 12 Polos, M.D= 200.5w)



**ESQUEMA UNIFILAR TABLERO TD-03**  
(Del tipo para Empotrar, 220V, 60Hz, 12 Polos, M.D= 351 w)



**ESQUEMA UNIFILAR TABLERO TD-04**  
(Del tipo para Empotrar, 220V, 60Hz, 12 Polos, M.D= 1078.4 w)



**LEYENDA**

SIMBOLO	DESCRIPCION	TIPO DE CAJA (mm)	ALTURA (m.s.n.p.t)
	Tablero General	—	—
	Tablero de Transferencia Automática	—	—
	Tablero de distribución	Especial	1.80 B. Superior
	Caja de paso, dimensiones según clave. RM N° 091-2002-EM/VME, Sección 9. 09-93-08	—	—
	Interruptor termomagnético	—	—
	Interruptor termomagnético tipo Caja Moldeada de capacidad fija, (para los tableros de distribución)	—	—
	Interruptor diferencial superminuzado, sensibilidad 30mA	—	—
	Buzón de concreto de 0.50 x 0.50 x 1.00 mt.	—	Piso

**GRANJA DON VICTOR**

PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR  
 PROPIETARIOS: VICTOR CARRANZA QUILICHE  
 UBICACION: JAEN-CAJAMARCA DISEÑO: J.L.O. LAMINA  
 CAD. Esc. FECHA: 2023 4