



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

## **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal Sector I en Lambayeque”**

**Presentado Por:**

**Núñez Castillo, Edward Ronald**

**Asesor:**

**Niño Vásquez, Percy Edwar**

**Lambayeque – Perú**

**Noviembre del 2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ELECTRICISTA**

**“Aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal Sector I en Lambayeque”**

**Presentado Por:**

**Núñez Castillo, Edward Ronald**

**Aprobado por el Jurado Examinador:**

**PRESIDENTE: Dr. Daniel Carranza Montenegro.**

**SECRETARIO: M.Sc.Ing. Fredy Dávila Hurtado.**

**MIEMBRO: Lic. Egberto Serafín Gutiérrez Atoche.**

**ASESOR: Ing. Percy Edwar Niño Vásquez.**

**Lambayeque – Perú**

**Noviembre del 2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

### **TITULO**

**“Aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal Sector I en Lambayeque”**

### **CONTENIDO**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN**

**CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.**

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

### **AUTOR:**

**Núñez Castillo, Edward Ronald.**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**MIEMBRO**

---

**ASESOR**

**Lambayeque – Perú**

**Noviembre del 2019**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para cumplir todos mis objetivos y otorgarme la sensatez necesaria en situaciones difíciles, ya que su guía y protección se han manifestado en cada momento de mi vida.

A mis padres, por darme la vida, el amor, la educación de calidad, sus sabios consejos e inculcarme valores morales que han contribuido en mi formación personal y profesional.

A toda mi familia por motivarme para cumplir mis sueños.

**Bach. EDWARD RONALD NÚÑEZ CASTILLO**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial agradecimiento a la mejor universidad del Norte del Perú, mi Alma Mater, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, por permitirme formarme profesionalmente y terminar mis estudios con la convicción de encontrar un mundo de oportunidades en el sector laboral.

Agradezco a todos mis profesores por brindarme sus enseñanzas y ser guías de ejemplo en la formación de mi carrera profesional. De todos me llevo sus sabios consejos y sé que lo aprendido perdurará en el trayecto de mi vida.

Agradezco a mis asesores de tesis: Ing. Percy Edwar Niño Vásquez y al Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra por sus valiosas orientaciones y asesorías.

Un agradecimiento especial a la Gerencia de Desarrollo Olmos del Proyecto Especial Olmos Tinajones “PEOT” por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales en esta institución de prestigio. Por permitirme formar parte de su equipo de trabajo y aprender de sus profesionales de distinguida trayectoria.

**Bach. EDWARD RONALD NÚÑEZ CASTILLO**

## RESUMEN

El objetivo general de esta tesis fue aprovechar el estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal sector I ubicado en el departamento de Lambayeque. El tipo de investigación fue aplicada, luego de recolectar la información y procesarla se obtuvo lo siguiente: la demanda de energía eléctrica promedio diario para el caserío Pancal Sector I para un horizonte de 20 años obteniendo: 36 239 Wh/día. Los datos de irradiación solar de 02 fuentes de radiación solar: El atlas de radiación solar del Perú se obtuvo un valor de radio solar de: considerará el valor promedio de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día. Usando la página web de la NASA el cual brinda los valores promedios de radiación solar para 22 años se obtuvo un valor mínimo 4,47 kWh/m<sup>2</sup>/día. Con respecto al estiércol de ganado vacuno se obtuvo un resultado de 448 kg diario. El generador fotovoltaico estará compuesto por 20 módulos fotovoltaicos de 320 Wp de la marca ERA SOLAR, 16 baterías Formula Star de 260 A.h, 02 controladores de 150/60 y 01 inversores de 8 000 W. La potencia instalada del sistema del generador fotovoltaico es de 6,40 kWp. Se dimensionó el biodigestor proponiendo uno de cúpula fija con un volumen de 34,77 m<sup>3</sup>; el cual está conformado por un segmento esférico de 8,40 m<sup>3</sup>, un volumen cilíndrico de 23,26 m<sup>3</sup> y un volumen cónico de 3,10 m<sup>3</sup>. La red de distribución secundaria se usará el conductor 2x16/25 y 1x16/25, los cuales cumplen con los requerimientos, se elaboró el plano en baja tensión en 220 V. Se elaboró el Metrado del sistema solar fotovoltaico- biogás, así como de la red de distribución de baja tensión, obteniendo un total de: S/. 172 847,90

**Palabras claves:** Biogás, biodigestor, modulo fotovoltaico, inversor, controlador.

## ABSTRACT

The general objective of this thesis was to take advantage of cattle manure and photovoltaic solar energy to generate electricity in the Pancal farm sector I located in the department of Lambayeque. The type of research was applied, after collecting the information and processing it, the following was obtained: the average daily electricity demand for the Pancal Sector I farm for a 20 year horizon, obtaining: 36 239 Wh / day. Solar irradiation data from 02 solar radiation sources: The solar radiation atlas of Peru obtained a solar radio value of: it will consider the average value of 4,75 kWh / m<sup>2</sup> / day. Using the NASA website which provides the average values of solar radiation for 22 years, a minimum value of 4,47 kWh / m<sup>2</sup> / day was obtained. With respect to manure of cattle, a result of 448 kg per day was obtained. The photovoltaic generator will consist of 320 Wp photovoltaic modules of the ERA SOLAR brand, 16 formula star batteries of 260 Ah, 02 150/60 controllers and 01 inverters of 8 000 W. The installed power of the photovoltaic generator system is of 6,40 kWp. The biodigester was sized by proposing a fixed dome with a volume of 34,77 m<sup>3</sup>; which is formed by a spherical segment of 8,40 m<sup>3</sup>, a cylindrical volume of 23,26 m<sup>3</sup> and a conical volume of 3,10 m<sup>3</sup>. The secondary distribution network will use the conductor 2x16 / 25 and 1x16 / 25, the which meet the requirements, the low voltage plane was drawn up at 220 V. The metrado of the photovoltaic-biogas solar system was prepared, as well as the low voltage distribution network, obtaining a total of: S/ . 172 847,90

Keywords: Biogas, biodigester, photovoltaic module, inverter, controller

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Realidad Problemática .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	6
1.3. Delimitación de la Investigación .....	6
1.3.1. Delimitación espacial .....	6
1.3.2. Delimitación temporal .....	8
1.4. Justificación e Importancia de la TESIS .....	9
1.5. Limitaciones de la TESIS .....	9
1.6. Objetivos de la TESIS .....	9
1.6.1. Objetivo General .....	9
1.6.2. Objetivo Específicos .....	10
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes de Estudios .....	11
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado .....	21
2.2.1. Biomasa.....	21
2.2.2. Biogás.....	27
2.2.3. Grupos electrógenos con biogás .....	43
2.2.4. Energía solar fotovoltaica .....	54
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	74
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	79
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	79
3.2. Población y muestra.....	79
3.3. Hipótesis .....	79



3.4. Operacionalización de variables .....	80
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	81
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados .....	82
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos .....	84
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	85
4.1. Propuesta de la investigación .....	85
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	87
5.1. Demanda de energía eléctrica promedio diario proyectada en el caserío Pancal Sector I.....	87
5.1.1. Proyección de las viviendas.....	87
5.1.2. Demanda de energía eléctrica para vivienda.....	92
5.2. Evaluación de las energía solar y biomasa .....	94
5.2.1. Energía solar .....	94
5.2.2. Evaluación de la biomasa .....	98
5.3. Dimensionamiento del biodigestor .....	103
5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	107
5.4.1. Generador fotovoltaico.....	107
5.4.2. Cálculo y selección del controlador.....	109
5.4.3. Cálculo y selección del banco de baterías .....	112
5.4.4. Cálculo y selección del inversor .....	116
5.4.5. Cálculo y selección de conductores eléctricos.....	116
5.4.6. Ángulo óptimo de inclinación: .....	119
5.4.7. Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos.....	120
5.4.8. Elementos de protección eléctrica .....	122
5.5. Dimensionamiento del sistema de distribución eléctrica .....	125
5.5.1. Cálculos eléctricos .....	125
5.5.2. Cálculos mecánicos .....	130
5.6. Presupuesto .....	132
5.6.1. Presupuesto Total.....	133
CAPITULO VI: CONCLUSIONES .....	134
6.1. Conclusiones.....	134
BIBLIOGRAFÍA .....	136
ANEXOS .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tipos de biomasa agrícola según su composición .....	27
Tabla N° 2: Composición y características del biogás.....	28
Tabla N° 3: Componentes del sistema de alimentación de combustible .....	51
Tabla N° 4: Operacionalización de variables.....	80
Tabla N° 6: Resultados de población del distrito de Lambayeque según el censo 2005.....	87
Tabla N° 7: Resultados del censo de población del distrito de Picsi según el censo 2007.....	88
Tabla N° 8: Resultados del censo de población del año 2017 .....	89
Tabla N° 9: Tasa de crecimiento para el distrito de Picsi .....	90
Tabla N° 10: Proyección de población y vivienda para el caserío El Pancel Sector I.....	91
Tabla N° 11: Energía para vivienda en el caserío Pancel Sector I.....	92
Tabla N° 12: Demanda de energía para el local comunal .....	92
Tabla N° 13: Demanda de energía en el caserío Pancel Sector I .....	93
Tabla N° 14: Ubicación geográfica del Caserío Pancel Sector I.....	95
Tabla N° 15: Data de irradiación solar de la NASA en el caserío Pancel Sector I .....	96
Tabla N° 16: Ganado vacuno en el caserío Pancel sector I .....	98
Tabla N° 17: Índices para determinar la producción de biogás a partir del peso y características de la biomasa .....	99
Tabla N° 18: Producción de biogás diaria a partir del estiércol del ganado vacuno.....	100
Tabla N° 19: Dimensiones del biodigestor .....	105
Tabla N° 20: Calculo de volúmenes parciales.....	105
Tabla N° 21: Costo del generador fotovoltaico .....	108
Tabla N° 22: Características eléctricas del módulo fotovoltaico ERA SOLAR 320 Wp.....	109
Tabla N° 23: Selección de controladores .....	110
Tabla N° 24: Características del controlador 150/60 .....	112
Tabla N° 25: Tensiones de trabajo recomendadas .....	113
Tabla N° 26: Selección del banco de baterías .....	114
Tabla N° 27: Conductores eléctricos NH 80.....	117
Tabla N° 28: Caídas de tensión máxima y recomendada .....	117
Tabla N° 29: Caída de tensión C-I.....	126
Tabla N° 30: Caída de tensión C-II.....	128
Tabla N° 31: Parámetros eléctricos de cables autoportantes.....	129
Tabla N° 32: Hipótesis para usar la ecuación de TRUXA .....	130
Tabla N° 33: Tabla climática de Lambayeque .....	131
Tabla N° 34: Tabla de cálculos mecánicos .....	132
Tabla N° 35: Valor referencial para el suministro de materiales para el sistema solar- biogas.....	132
Tabla N° 36: Costo directo sistema biogas- fotovoltaico .....	133
Tabla N° 37: Presupuesto total.....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: En el caserío Pancal sector I.....	5
Figura N° 2: Entrada a Lambayeque .....	6
Figura N° 3: Ubicación del caserío el Pancal en el distrito de Picsi.....	7
Figura N° 4: Tipos de biomasa .....	22
Figura N° 5: Tipos de biomasa según diferentes clasificaciones .....	23
Figura N° 6: Cultivos energéticos .....	24
Figura N° 7: Residuos de tratamientos culturales forestales y agroindustriales .....	25
Figura N° 8: a) Biodiesel b) Planta generadores de biogás.....	26
Figura N° 9: Biodigestor balón.....	32
Figura N° 10: Biodigestor de cúpula fija .....	33
Figura N° 11: Biodigestor de campana flotante .....	35
Figura N° 12: Proceso biológico que ocurre en el interior del biodigestor ..	40
Figura N° 13: Motor de cuatro tiempos.....	45
Figura N° 14: Sistema de alimentación de combustible .....	51
Figura N° 15: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado .....	58
Figura N° 16: Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en sistema aislado	59
Figura N° 17: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red .....	61
Figura N° 18: Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en sistema conectado a red.....	63
Figura N° 19: Circuito equivalente de un panel fotovoltaico .....	64
Figura N° 20: Placa positiva y negativa de una batería .....	65
Figura N° 21: Inversores para sistemas fotovoltaicos .....	70
Figura N° 23: Controladores de carga.....	72
Figura N° 24: reguladores de carga PWM y MPPT .....	73
Figura N° 22: Entrevistando a la señora Manuela Chero Nizama en el caserío Pancal Sector I. ....	83
Figura N° 23: Con el teniente gobernador de Pancal Sr. Daniel Chero Sánchez. ....	84
Figura N° 24: Local comunal del caserío Pancal sector I .....	93
Figura N° 25: Ingreso a la página web de la NASA.....	94
Figura N° 26: Ingreso a Múltiple Data Access .....	95
Figura N° 27: Resultados de la página de la NASA .....	96
Figura N° 28: Irradiación solar en el caserío Pancal Sector I .....	97
Figura N° 29: Ganado vacuno en el caserío Pancal Sector I .....	98
Figura N° 30: Dormidero del ganado perteneciente a la Sra. Jabina Chero Nizama, en el caserío Pancal Sector I .....	100
Figura N° 31: Pesando el estiércol de ganado vacuno en el caserío Pancal .....	101
Figura N° 32: Grupo electrógeno a biogás de 3 kW .....	102
Figura N° 33: Parámetros de funcionamiento del grupo electrógeno .....	102
Figura N° 34: biodigestor de cúpula fija.....	103

Figura N° 35: Controlador VICTRON ENERGY 150/60 .....	111
Figura N° 36: Batería FORMULA STAR de 260 Ah .....	115
Figura N° 37: Inversor MUST SOLAR de 8 kW .....	116
Figura N° 38: Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos .....	120
Figura N° 39: Dimensiones del módulo fotovoltaico ERA SOLAR de 320 Wp .....	120
Figura N° 40: Fusible de corriente continua DF ELECTRIC .....	123
Figura N° 41: Diagrama de carga C-I .....	127
Figura N° 42: Diagrama de carga de carga C-II .....	128

## **INTRODUCCIÓN**

En la presente tesis tiene como objetivo utilizar la biomasa y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal Sector I ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo en la región Lambayeque. La tesis inicia en el primer capítulo con una descripción de la realidad problemática actual que se presenta en el caserío Pancal Sector I, los objetivos específicos se elaboraron considerando el objetivo general que se quiere lograr. En el siguiente capítulo, se presenta los antecedentes que son estudios anteriores relacionados con el tema de investigación, además se indagó la teoría relacionada con sistemas fotovoltaico, la producción de biogás que sirven de base para elaborar el marco teórico.

En el Capítulo III, titulado marco metodológico, se describe el que se va a seguir con la finalidad de alcanzar los objetivos desde la recolección de datos, procesamiento hasta obtención de los resultados.

En el capítulo IV se describe la propuesta que va dar una solución a la realidad problemática existente.

En el Capítulo V se presenta los cálculos y resultados en tablas, dimensionamiento y selección de equipos para luego realizar el costo total de inversión de la propuesta.

Por último, se describe las conclusiones a las que se llegó que responden a cada objetivo específico junto con los anexos.

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

#### **Realidad problemática a nivel internacional<sup>1</sup>**

Mil millones de personas en el mundo todavía no tienen acceso a la electricidad y se espera que 674 millones continúen sin ella en 2030, año en el que el 21% del consumo energético mundial procederá de las renovables.

Son dos de las conclusiones del Informe sobre el Progreso Energético elaborado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y el Banco Mundial (BM), entre otras entidades, y presentado hoy en Lisboa, que muestra que los números aún están lejos de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU para 2030.

"Los últimos datos muestran claramente que necesitamos más acción y liderazgo político si queremos cumplir con nuestra promesa de no dejar a nadie atrás", señaló la representante de la ONU para la energía sostenible, Rachel Kyte.

La ONU establece como meta que ese año se alcance un acceso universal a la electricidad, pero "si las políticas actuales y las tendencias de población continúan", en 2030 todavía habrá 674 millones de personas viviendo sin electricidad, el 8% de la población mundial, alerta el informe.

---

<sup>1</sup> <https://www.efe.com/efe/america/economia/mil-millones-de-personas-en-el-mundo-no-tienen-acceso-a-la-electricidad/20000011-3602676>

Las zonas con mayor déficit de acceso siguen siendo el África subsahariana y el sur de Asia, a pesar de los progresos conseguidos en los últimos años en países como Bangladesh, Etiopía, Kenia y Tanzania.

En materia de renovables, los objetivos de desarrollo de la ONU establecen el incremento "sustancial" de las fuentes de energía limpias, que en 2030 cubrirán el 21 % del consumo energético total, frente al 17,5 % de 2015.

El sector de la electricidad, que representa el 20 % del consumo final de energía, registró un "rápido progreso" en la expansión de las renovables gracias a la caída de los costes de la eólica y la solar, lo que permitió que las energías limpias alcanzaran el 22,8 % del total en 2015.

El 80 % restante procede de sectores con ratios de renovables muy bajos, como los transportes, o que se han estancado, como los sistemas de calefacción, y el informe alerta de que serán necesarios "esfuerzos mucho mayores" para aumentar la penetración de las energías limpias en estos ámbitos.

**Como soluciones, sugiere la implantación de sistemas centrales de energía basados en biomasa, energía geotérmica o solar, o el uso de vehículos eléctricos.**

### **Realidad problemática a nivel nacional<sup>2</sup>**

La directora de Políticas de **WWF Perú**, Mariela Canepa, reveló que el potencial de las **energías renovables** es latente y podría beneficiar no solo al 6% de la

---

<sup>2</sup> <https://peru21.pe/peru/wwf-peru-brecha-energetica-desaparecer-energias-renovables-fotos-394698>

población peruana que aún no tiene acceso a la electricidad, sino que podría cubrir al 100% de la demanda del país.

Solo en los desiertos de la costa, la capacidad eólica y solar podrían cubrir gran parte de la demanda nacional de electricidad, sin embargo, este tipo de energías renovables no llegan ni al 3% de participación en la matriz energética nacional.

“Es increíble, las fuentes para un crecimiento limpio nacional están ahí, es cuestión de propiciar su aprovechamiento ordenado. Aunque acá todavía nos suena lejano, ya no es un sueño, es una realidad. Cuando en 2011 el Reporte de Energía de WWF, estimó que al 2050 el mundo podría funcionar 100% con fuentes renovables, algunos no lo creían y ahora vamos camino a eso”, refirió Canepa, durante la instalación de paneles solares en las oficinas de la WWF en Lima. Por su parte, Jean Philippe Denruyter, gerente de Soluciones de Energía Aplicadas en WWF Internacional, afirmó que ya son **22 oficinas de la fundación operando con paneles solares en el mundo, siendo las oficinas de Lima, las primeras en usar esta tecnología limpia de Latinoamérica.**

Al respecto, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) ha resaltado las bondades de las energías renovables para llegar a zonas remotas de manera eficiente, todo en función de cerrar la brecha de peruanos sin acceso a electricidad al 2022.



### **Realidad problemática a nivel local**

El caserío el Pancal Sector I ubicado en Lambayeque cuenta con 28 viviendas, 01 local comunal, aún no cuenta con el servicio de energía eléctrica, la distancia de las redes eléctricas más cercanas al caserío es de aproximadamente 9 km. Los habitantes de dicho caserío se dedican a la crianza de ganado vacuno y a la agricultura.



Figura N° 1: En el caserío Pancal<sup>3</sup> sector I

---

<sup>3</sup> Elaboración propia

## 1.2. Formulación del Problema

¿Aprovechando el estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica se podrá suministrar de energía eléctrica al caserío Pancal Sector I ubicado en el Departamento de Lambayeque?

## 1.3. Delimitación de la Investigación

### 1.3.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en el caserío Pancal Sector I ubicado en el distrito de Picsi perteneciente al departamento de Lambayeque.



Figura N° 2: Entrada a Lambayeque<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Elaboración propia



Figura N° 3: Ubicación del caserío el Pancal en el distrito de Picsi<sup>5</sup>

El **distrito de Picsi** es uno de los veinte distritos que conforma la provincia de Chiclayo en el departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno Regional de Lambayeque, en el Perú. Su capital es el **pueblo de Picsi** ubicado a 30 m.s.n.m.

El distrito limita con:

**Norte:** con la provincia de Ferreñafe.

**Sur:** con los distritos de Chiclayo y Pomalca.

**Este:** con el distrito de Tumán.

**Oeste:** con el distrito de José Leonardo Ortiz y la provincia de Lambayeque.

---

<sup>5</sup> <https://www.iperu.org/distrito-de-picsi-provincia-de-chiclayo>

## **Clima**

El distrito cuenta con un clima cálido templado y seco, durante el verano suelen caer pequeñas precipitaciones, también se puede decir que cuenta con vientos moderados.

## **Recursos naturales**

Sus suelos ideales para el cultivo contribuyen de gran manera a la agricultura de la región.

Su flora es propia de lugares húmedos, asimismo hay bosques de algarrobo, zapote (*Pouteria sapota*) y huarango.

Su fauna está formada por ratas, ratones, mucas, zorros, palomas, guardacaballos, garzas, gallaretas, gallinazos, cernícalos y halcones, además de una gran variedad de insectos.

## **Actividades económicas**

Las principales actividades del **distrito de Pícsi** son la agricultura, la ganadería y la agroindustria. Los principales productos agrícolas son la caña de azúcar y el arroz, el centro agroindustrial de Tután, ubicado en su ámbito es uno de los más importantes del departamento de Lambayeque.

### **1.3.2. Delimitación temporal**

El tiempo que duró la investigación fue de 05 meses.

## **1.4. Justificación e Importancia de la TESIS**

Tenemos la siguiente justificación.

### **Justificación Ambiental**

Con la utilización de la energía solar fotovoltaica y el estiércol el ganado vacuno para generar energía eléctrica se reducirá el uso de las energías convencionales por lo que se producirá una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Justificación Social**

Los habitantes del caserío Pancal sector I tendrán una mejor calidad de vida solucionando el problema de falta del servicio de energía eléctrica.

### **Justificación Científica.**

Promover la utilización del uso de las energías no convencionales: la energía solar fotovoltaica y la biomasa con fines de generación de energía eléctrica.

## **1.5. Limitaciones de la TESIS**

Se ha considerado datos de irradiación de solar de la NASA ya que estos son los promedios mensuales para un periodo de 22 años, los que son contrastados con los datos del atlas solar del Perú.

## **1.6. Objetivos de la TESIS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Aprovechar el estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica en el caserío Pancal sector I ubicado en el departamento de Lambayeque.

### **1.6.2. Objetivo Específicos**

- a) Determinar la demanda de energía eléctrica promedio diario proyectada en el caserío Pancal Sector I.
- b) Obtener los datos de irradiación solar y la cantidad de estiércol en el caserío Pancal Sector I.
- c) Dimensionar y seleccionar los equipos del sistema fotovoltaico.
- d) Determinar las dimensiones del biodigestor.
- e) Dimensionar el sistema de distribución eléctrica.
- f) Calcular el costo del sistema propuesto.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de Estudios**

#### **Contexto Internacional**

Según Terreros y Hernandez (2015) en su tesis titulado “DISEÑO DE SISTEMAS HÍBRIDOS SOLAR BIOMASA CASO DE ESTUDIO: RESGUARDO INDÍGENA CALLE SANTA ROSA – CAUCA” Los autores nos indican que el proyecto de grado surge de la convocatoria 630 de COLCIENCIAS de abril 30 de 2013 ideas para el cambio para seleccionar soluciones científico - tecnológicas a necesidades de comunidades en condiciones de pobreza con énfasis en procesos de apropiación e innovación social. La cual tiene como objetivo general “Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de comunidades en condiciones de pobreza ubicadas en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, a partir de la implementación de soluciones científico – tecnológicas sostenibles e innovadoras, que brinden acceso a energías limpias y renovables, a través de procesos de Apropiación e Innovación Social”. (Terreros Perea & Hernandez Gomez, 2015)

Así mismo VALIENTE (2015) en su tesis de maestría titulada “MODELACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR TÉRMICO - BIOMASA PARA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO” nos menciona que en este estudio, se simuló un sistema híbrido de calefacción basado en energía solar, eólica y combustión de biomasa, para

mantener a 18 °C, una construcción de 32  $m^2$  con un volumen de aire de 76,8  $m^3$  de superficie, ubicada en la ciudad de Chillán, Chile (latitud 36,6° sur).

El periodo de calefacción considerado, fue durante los meses de abril a octubre. El sistema se dimensionó para cubrir en un 60 % la carga térmica mediante combustión de leña, para el mes de mayor carga térmica, que resultó ser julio, con  $1,46 \times 10^6$  kJ/mes comparó la disminución de material particulado (MP) emitido a la atmósfera y el ahorro en salud pública, en relación a un sistema que sólo consideraría biomasa para calefacción. El sistema está conformado por un aerogenerador (AG) de 1 kW de potencia, una estufa a leña y un campo de 10 colectores solares térmicos de tubos de vacío de 2,47  $m^2$  se encuentra conectado a un banco de resistencias insertado en un estanque de 0,5  $m^3$  capacidad, que también es alimentado por el campo de colectores solares. Desde el estanque se distribuye agua caliente a un circuito con radiadores para calefaccionar la vivienda, regulado por un termostato.

El sistema fue modelado con el software TRNSYS. El volumen de leña ahorrado en el año fue de 0,73  $m^3$ . Se cada uno. El AG, lo que significa dejar de emitir un 52% de MP a la atmósfera (16,7 kg de MP), implicando un ahorro en salud pública de 1,018 US\$/año. Los costos de implementación del sistema alcanzan a 12,793 US\$ aproximadamente. Para el mes de julio, el aporte de energía solar y eólica fue de  $5,05 \times 10^5$  kJ/mes y  $2,21 \times 10^5$  kJ/mes respectivamente, mientras que el calor aportado por los radiadores fue de  $5,80 \times 10^5$  kJ/mes y  $8,82 \times 10^5$  kJ/mes por combustión de biomasa. Lo que



significó tener un porcentaje de energía aportado por las fuentes solar, eólica, radiadores y biomasa de 0,35; 0,5; 0,40 y 0,60% respectivamente, para el mes de julio. (VALIENTE PIEL, 2015)

Según ASPRILLA (2016) en su tesis de Maestría titulada “ESTUDIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA RENOVABLE (SOLAR – GASIFICACIÓN DE BIOMASA) COMO ALTERNATIVA PARA SATISFACER NECESIDADES ENERGÉTICAS EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ” nos dice que el uso de las energías renovables nace como alternativa para dar solución a los problemas de interconexión eléctrica que se presenta en el mundo, especialmente en las zonas apartadas debido a su difícil acceso; otra razón importante por la cual implementar este tipo de energías es la disminución de los combustibles fósiles (o fuentes no renovables) que se viene presentando, dentro de los cuales está el petróleo, el carbón y el gas natural; combustibles que por uso son grandes contribuyentes en el incremento progresivo de la temperatura del planeta. La implementación de energías renovables que son amigables con el medio ambiente garantiza un desarrollo sostenible y eficiente.

En Colombia, la cobertura del servicio de energía eléctrica para el año 2011 cubría 11 722,128 usuarios. El 95,8% que equivale a 11 229,000 usuarios tenían acceso al servicio de energía eléctrica; mientras que el 4,2% de la población, equivalente a 493,128 usuarios, los cuales pertenecen a las Zonas No Interconectadas, no tienen acceso al servicio de energía eléctrica (UPME PIEC 2014).

En este trabajo se define un sistema híbrido, constituido por un arreglo de paneles y gasificador de biomasa como fuentes renovables de generación, un motor de combustión interna, un banco de baterías para el almacenamiento de energía e inversores DC/AC. A partir de la propuesta se determinó la disponibilidad del recurso solar y de los recursos de biomasa en el Departamento del Chocó.

Los resultados muestran que la implementación de sistemas híbridos (Solar – Biomasa) constituye un sistema de generación de energía autónomo y complementario, de manera que en ausencia de sol el sistema de gasificación suple la demanda requerida y viceversa, además la disminución en los costos que han venido presentando los equipos de energías renovables son motivantes para proceder con la implementación. (ASPRILLA MOSQUERA, 2016).

Así mismo ESCARES (2014) en su tesis de grado titulada “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BIOMASA FORESTAL COMO MEDIO DE CALEFACCIÓN Y ACS EN VIVIENDAS SOCIALES” nos explican que Las bioenergías o energías renovables existentes de tiempos inmemorables en nuestro planeta, son una fuente inagotable y limpia de producir energía, su estudio, conocimiento y explotación nos están ayudando a mitigar los efectos de la contaminación en nuestro planeta, y a sustentar el equilibrio energético necesario, debido al aumento de población y consumo energético mundial.

Particularmente, la biomasa es una de las fuentes energéticas renovables con mayor potencial de crecimiento durante las próximas décadas. Según lo señalado Cerdá (2012) en todo el mundo, la aportación actual de la biomasa se sitúa en torno al 10% del total de producción de energía.

El presente proyecto tiene por objetivo estudiar la factibilidad de implementar un sistema de calefacción y ACS para un grupo de viviendas sociales, mediante la utilización de Biomasa forestal, el sistema será evaluado y diseñado en base a los cálculos de demanda energética de dicha población. Además, en este proyecto de tesis se evaluarán las ventajas y desventajas de la utilización de biomasa, la disponibilidad de materia prima existente en Chile y específicamente en la zona urbana donde se emplaza el proyecto habitacional, se presenta también un detalle de algunas de las calderas existentes en el mercado chileno y la evaluación de la mejor de las opciones que cumpla con todos los requisitos necesarios para la optimización de los recursos.

Finalmente se realizará una evaluación económica, en una primera instancia comparativa con respecto a los combustibles más utilizados en el mercado actual y finalmente una evaluación de los costos requeridos adicionales por concepto de instalación del sistema. (ESCARES MARTINEZ, 2014)

### **Contexto Nacional**

Así mismo CAVEZ Y MEDINA (2014) en su tesis de grado "ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO SOLAR PARA EL ALUMBRADO DE LAS VÍAS Y EL CERCO PERIMÉTRICO DEL

CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA" nos dice que el presente informe de tesis, tiene como finalidad difundir el uso de energías limpias renovables, lo cual da paso a dejar de depender de energías primarias de origen fósil, esto es posible planteando una alternativa al sistema de generación convencional, en este caso un sistema híbrido de generación netamente renovable.

Se planteó un sistema híbrido eólico solar que abasteciera de energía eléctrica principalmente a la iluminación de las vías y el cerco perimétrico del campus de la Universidad Nacional del Santa, el cual suplantará la energía que contrata la universidad para el consumo de las mismas.

Se utilizaron métodos estadísticos y matemáticos para poder cuantificar los potenciales eólico y solar del lugar, lo cual ayudará al dimensionado de aerogeneradores y paneles fotovoltaicos, indispensables en este tipo de sistemas.

Se cuantificó el potencial eólico en el campus de la Universidad Nacional del Santa, de acuerdo a esto se pudo dimensionar un sistema de generación híbrida renovable, que consta de un sistema solar fotovoltaico y un sistema eólico de energía, de acuerdo a esto se afirmó que el 17% correspondiente a la energía requerida por la iluminación de las vías y el cerco perimétrico, serán suplidas por el sistema ya mencionado.

Mediante el uso del método de distribución de Weibull, se determinó la frecuencia de las velocidades de viento. Se revisaron catálogos de aerogeneradores, los cuales tienen características de dimensionamiento, de acuerdo al potencial se pudo saber la cantidad de energía generada al año. De la misma manera se verificó el Número de Horas Efectivas de sol, para

poder dimensionar los paneles solares, una vez dimensionados se dimensionan los demás equipos que conforman el sistema.

Finalmente se determinó que instalar un sistema de generación híbrido eólico solar, es económicamente viable, y que al ser una fuente de energía renovable limpia, es una muy buena opción para la iluminación de las vías y el cerco perimétrico del campus de la Universidad Nacional del Santa. (CHAVEZ SOTO & MEDINA SANCHEZ, 2014)

ARRIETA (2016) En su tesis de grado titulada “DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DOMÉSTICO PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO” La finalidad de la presente investigación es el diseño de una instalación de biogás a escala doméstica que permita aprovechar las excretas de ganado vacuno y/o porcino para satisfacer la demanda energética, para la iluminación y la cocción diaria de alimentos, de una familia de unos cinco o seis miembros. El diseño incluye el dimensionamiento del biodigestor, donde se produce la transformación de dichas excretas por medio de la digestión anaeróbica; de la zanja, donde se instala el biodigestor; del gasómetro, donde se almacena el biogás producido; y de las tuberías de transporte de gas desde el biodigestor hasta el gasómetro y desde éste hasta los puntos de consumo. Este dimensionamiento también se puede generalizar para diferentes demandas energéticas mediante la aplicación de las fórmulas expuestas en esta investigación.

Los costos aproximados de la instalación se expresan en la parte final de la investigación, teniendo presente que, para determinar la factibilidad

económica (VAN) y el periodo de recuperación de la inversión (payback), también se debe considerar el rendimiento sobre los cultivos del fertilizante orgánico obtenido (biol), y la cantidad de fertilizantes químicos comerciales que se dejan de comprar, lo que puede ser motivo de futuras investigaciones. (ARRIETA PALACIOS, 2016)

Según España (2017) en su tesis titulado: “APROVECHAMIENTO DEL ESTIERCOL DE VACUNO PARA LA ELABORACION DE BIOGAS COMO PROPUESTA AL MANEJO ADECUADO DE LOS RESIDUOS PECUARIOS EN LA GRANJA ECOLÓGICA LINDEROS, TOMAYQUICHUA, AMBO, HUÁNUCO 2017” La investigación consistió en realizar el diseño de biodigestor tipo discontinuo de polietileno, para el manejo adecuado de los residuos pecuarios de la granja ecológica lindero, contribuyendo a la conversión y producción de residuos pecuarios (biomasa) en diversas formas de energía, mediante reacciones bioquímicas; el diseño y la construcción del biodigestor a escala piloto permite desarrollar el proceso anaeróbico, como método de tratamiento de residuos pecuarios, para la producción de biogás; estabilizándola completamente los componentes de la materia orgánica; descomponiéndolo en compuestos asimilables para el medio ambiente. (España Quintana, 2017) El objetivo general del proyecto es Determinar si la propuesta de aprovechamiento del estiércol de ganado vacuno para la elaboración de biogás contribuye al manejo adecuado de los residuos pecuarios en la granja ecológica linderos del distrito de Tomayquichua, Huánuco desde el mes de diciembre 2017 a julio 2018. El dimensionamiento del equipo se realiza a través de la construcción del biodigestor tipo piloto en un área de 3.50 metros x 1.20 metros, los

componente y materiales utilizados para el prototipo son: un tanque de 250 litros, un tanque de 60 litros, tubería de PVC de 2", tubería de PVC 1", tubería de 4", niple de 2", codos de 1", codos de 4" x 45°, codos de 4" x 90° 1/2", llave de paso de 1", llave de paso de 2", llave de paso de bronce 5/8, hoja de cierre, niple de 1", unión de 1", niple de bronce 5/8, abrazadera de 5/8, teflón, válvula de gas, manguera para conducción de gas y otros accesorios. Las características del prototipo son la captación del sustrato (entrada), la cámara de fermentación o biodigestión; que viene hacer el tanque donde se deposita x el sustrato, la tubería de conducción del biogás y la tubería de conducción del afluente; con un tiempo de retención de 40 días, en las cuatro tratamientos se tuvo en cuenta el control de monitoreo de la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH, con lo que se garantizó el funcionamiento y la generación de los productos de la digestión anaerobia en la granja ecológica linderos. (España Quintana, 2017)

De igual manera ORTIZ (2017) en su tesis de grado titulada "DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO" que, en la presente tesis de grado, se analiza el aprovechamiento de la biomasa en el vertedero no controlado de Cancharani (RSU) en forma de biogás, la obtención de la misma, propiedades, ventajas medioambientales y la utilización para la generación de energía eléctrica. El Botadero de Cancharani, sitio de disposición final de los residuos sólidos urbanos producidos por la ciudad de Puno, escogida para realizar el estudio

de producción de biogás, su recuperación, posible reubicación de dicho vertedero.

La cantidad de gas estimada a ser obtenida del Botadero de Cancharani, se calculó a partir de la, “Guía Técnica para la Medición, Estimación y Cálculo de las emisiones de Aire” - (HIOBE – Sociedad Pública de gestión Ambiental). Para el uso de esta guía debemos conocer el promedio anual de recepción de residuos sólidos urbanos, El número de años que el relleno sanitario lleva abierto o que lleva cerrado, sin recibir residuos sólidos urbanos, entre otros parámetros.

Una vez Calculada la producción de biogás del botadero de Cancharani, seleccionamos, la planta eléctrica econogas a biogás de 65 kW de potencia, que, mediante un tablero de transferencia automática o manual, se conecta a la red eléctrica de media tensión de Puno. (ORTIZ NUÑEZ, 2017)

### **Contexto Local**

Según Chonlon (2017) en su tesis titulado: “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCIR BIOGÁS CON RESIDUOS ORGÁNICOS GANADEROS PARA SATISFACER LA DEMANDA ENERGÉTICA, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016”, pretende establecer el uso de energías renovables en nuestro país dando uso de nuestra materia prima que disponemos en nuestro ámbito que nos rodea, sin perjudicar nuestro medio ambiente. Se determina buscar la viabilidad técnica y económica en el Caserío El Tambo ubicada en el distrito Motupe, ya que este Caserío se dedicada a la crianza de ganado vacuno, entre otros animales, es por ello que este mencionado proyecto tiene por finalidad proponer un estudio de producir biogás y usarlo



como combustible para el funcionamiento de grupo electrógeno, ya que no cuentan con energía eléctrica. Para el desarrollo del tema, se analiza profundamente los cálculos necesarios a tener en cuenta, donde se parte de lo ordinario a lo específico, obteniendo toda la información necesaria del campo mismo, para el estudio correspondiente se utilizó investigaciones recientes de acuerdo con el tema referido. En base a optimizar la eficacia de existencia de los habitantes permite observar un resultado favorable, tomando como referencia las encuestas del mismo campo y los estudios realizados, resaltando una de las aclaraciones más significativas es preservar un consumo adecuado de energía eléctrica en dicho Caserío. (Chonlon Velicoso, 2016)

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado**

### **2.2.1. Biomasa**

Se define biomasa como la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biológica degradable de los residuos industriales y municipales (Figura N° 4). Por tanto, los recursos biomásicos provendrán de fuentes muy diversas y heterogéneas. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

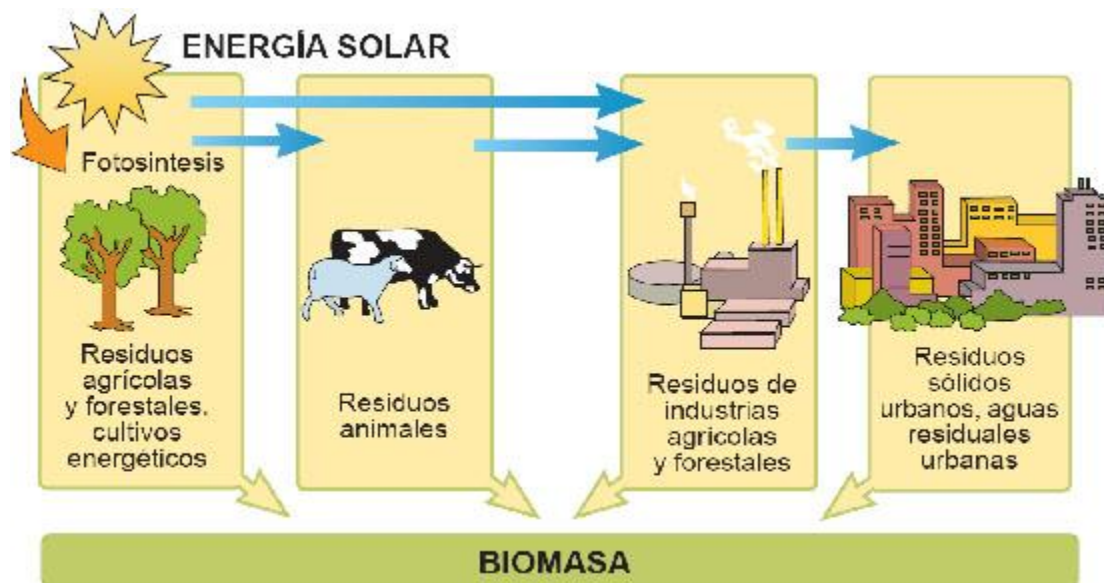


Figura N° 4: Tipos de biomasa

La energía que acumula la biomasa tiene su origen en el sol: a partir del proceso denominado fotosíntesis, las plantas absorben energía lumínica del sol, agua del suelo y el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, almacenando en ellas sustancias orgánicas (energía) y liberando oxígeno durante el proceso. Posteriormente, los animales incorporan y transforman esta energía al alimentarse de las plantas, por lo que los productos de esta transformación, que se consideran residuos, también pueden ser utilizados como recurso energético. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

#### 2.2.1.1. Origen y tipos de biomasa

Existen numerosas clasificaciones de biomasa, pero las más aceptadas, y fundamentadas en su composición, origen, y estado, son las que se reflejan en la Figura N° 5:

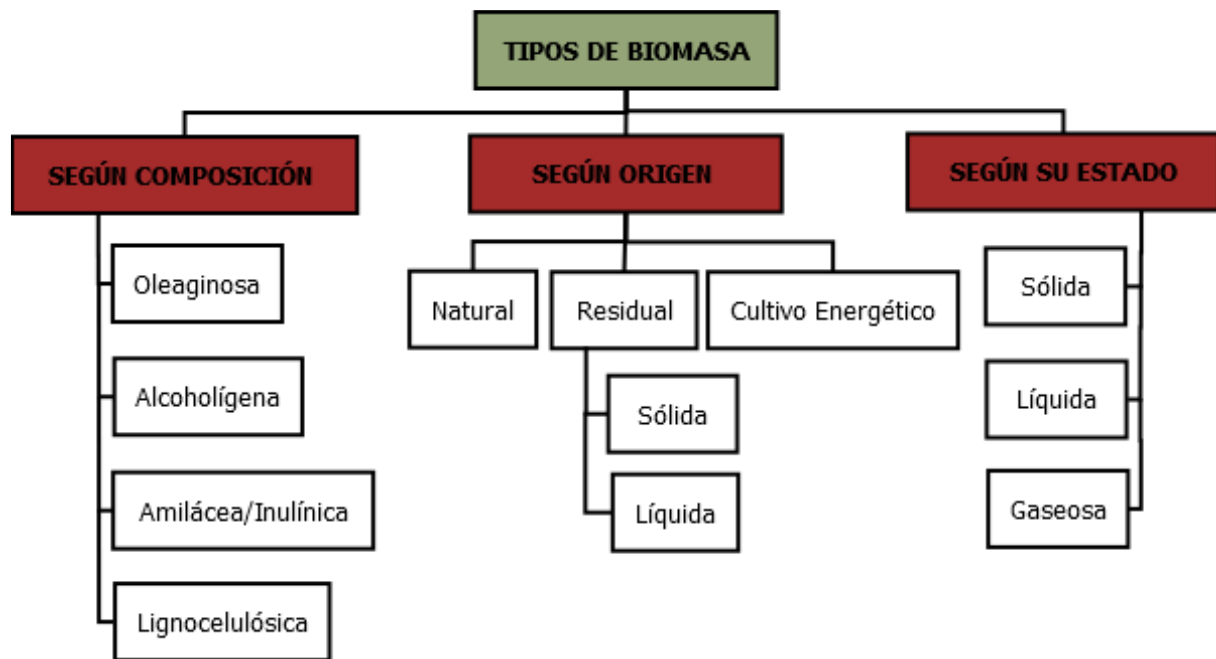


Figura N° 5: Tipos de biomasa según diferentes clasificaciones

### Según su origen

#### **a) Natural**

Es la biomasa que se produce de forma espontánea en la naturaleza, en ecosistemas que no hayan sufrido intervención humana. Su explotación, en general, no es interesante por razones económicas ya que la gestión de la adquisición y transporte de las materias primas al lugar de utilización no son rentables. A pesar de ello, hoy en día constituye la principal fuente energética de pequeñas localidades y de países en vías de desarrollo. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

#### **b) Residual**

Consiste en la biomasa que procede de los residuos generados por el desarrollo de diferentes actividades humanas y los vertidos denominados biodegradables. Se clasifican en secos y húmedos, o en sólidos y líquidos, y entre ellos pueden citarse:

**Residuos de actividades agrícolas, forestales y de jardinería:** pajas de cereales, zuros de maíz, excedentes agrícolas, los originados en los tratamientos silvícolas, etc. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

**Residuos de industrias agrícolas y forestales:** como las provenientes de la producción de aceite de oliva, aceite de orujo de oliva, industria vinícola y alcoholera, producción de frutos secos, recortes de madera, serrín, etc.

**Residuos sólidos urbanos (RSU) y aguas residuales urbanas (ARU).**

**Residuos ganaderos:** principalmente purines.

**Residuos agroindustriales:** industrias lácteas, papeleras, destilerías, almazaras, conserveras, etc. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

**Aceites alimentarios usados.**

### **c) Cultivos energéticos**

Son aquellos cultivos con fines no alimentarios destinados a la producción de energía. (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)



Figura N° 6: Cultivos energéticos<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

A diferencia de los cultivos agrícolas alimenticios, los agro-energéticos son seleccionados en base a la producción de cantidad de biomasa, y no de calidad, y suelen ser especies caracterizadas por su robustez a fin de abaratar los costos de cultivo y, por tanto, el precio de la biomasa final (Figura N° 6).

### **Según su estado**

Por otro lado, podemos clasificar la biomasa según su estado en:

#### **a) Biomasa sólida**

Este tipo de biomasa es el más conocido, y en él podemos englobar la madera obtenida de tratamientos silvícolas forestales, residuos de las industrias que trabajan con cualquier tipo de biomasa (carpinterías, papeleras, etc.), residuos obtenidos en las podas y limpieza de parques y jardines, subproductos o residuos de naturaleza agrícola (ejemplo: paja), cultivos energéticos, turba, residuos agroindustriales (orujo, serrín, huesos de aceituna), fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), etc. (Figura N° 7). (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)



Figura N° 7: Residuos de tratamientos culturales forestales y agroindustriales<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

### **b) Biomasa líquida**

Este grupo englobaría a los residuos ganaderos, los residuos industriales biodegradables y las aguas residuales urbanas (ARU). Gran parte de la bibliografía consultada incluye también en este punto los aceites y biocarburantes (bioetanol y biodiesel). (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

### **c) Biomasa gaseosa**

Se trata del metano o biogás obtenido a partir de residuos de animales, residuos agroalimenticios, vertederos y escombreras, etc., a través de diversos procesos (termoquímicos, microbiológicos, etc.). (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)



Figura N° 8: a) Biodiesel b) Planta generadores de biogás<sup>8</sup>

### **Según su composición**

Y, por último, en la siguiente tabla se refleja otra clasificación de la biomasa según su composición, con ejemplos basados en biomasa agrícola:

---

<sup>8</sup> (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)



Tabla N° 1: Tipos de biomasa agrícola según su composición<sup>9</sup>

TIPO	SUSTANCIA BIOORGÁNICA		EJEMPLOS
LIPIDOS			
Oleaginosas			Semillas de girasol, soja, maíz, lino, almendro
HIDRATOS DE CARBONO			
Alcoholígena	Monosacáridos	Glucosa	Pulpa de fruta
		Fructosa	Pulpa de fruta
	Disacáridos	Sacarosa	Caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha
Amilácea /Inulínica	Polisacáridos	Insulina	Tubérculo de patata y rizomas de dalia, achicoria
		Almidón	Granos de cereal, Tubérculo de patata
Lignocelulósica	Polisacáridos	Hemicelulosa	Maderas en general
		Celulosa	Residuos lignocelulósicos

### 2.2.2. Biogás

El biogás es un gas combustible que se genera en dispositivos específicos o en medios naturales a partir de las diferentes reacciones de biodegradación que sufre la materia orgánica (biomasa agrícola, pecuaria y residuos sólidos), mediante la acción de microorganismos, así como de otros factores en ausencia de aire. Está formado por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>), y otros gases, aunque en cantidades menores. (Sarria, 2012)

El biogás puede ser utilizado igualmente para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, así como en estufas, secadores, hornos, calderas u otros sistemas de combustión a gas. Además, puede ser utilizado en cualquier tipo de equipo comercial para uso de gas

<sup>9</sup> (Lucas Herguedas & Del Pesco Taranato, 2012)

natural. Sin embargo, la tecnología para obtener biogás es algo costosa, pero tiene la gran ventaja de que la materia prima es inagotable, y puede conseguirse fácilmente en cantidades industriales. Prácticamente cualquier desecho orgánico sirve para este fin. (Sarria, 2012)

El contenido de energía de 1m<sup>3</sup> de biogás (60% de CH<sub>4</sub> y 40% de CO<sub>2</sub>) es aproximadamente 6 kW.h (Sarria, 2012). Esta energía puede ser almacenada en diferentes formas: gas a baja presión, media o alta, agua caliente o energía eléctrica.

### 2.2.2.1. Características del biogás

Tabla N° 2: Composición y características del biogás<sup>10</sup>

Características	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Otros	Biogás
Proporciones % Volumen	55 – 70	27 – 44	1	-	100
Valor Calorífico MJ/m <sup>3</sup> kCal/m <sup>3</sup>	35,8 8.600	-- --	10,8 2.581	22 5.228	22,5 5.140
Ignición % en aire	5 – 15	--	--	--	6 – 12
Temp. Ignición °C	650 – 750	--	--	--	650 – 750
Presión crítica Mpa	4,7	7,5	1,2	8,9	7,5 – 8,9
Densidad nominal g/L	0,7	1,9	0,08	--	1,2
Densidad relativa	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83
Inflamabilidad Vol. % aire	5 – 15	--	--	--	6 - 12

El biogás está constituido por metano CH<sub>4</sub> en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (Ver Tabla N° 2)

<sup>10</sup> (Sarria, 2012)



conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. (Sarria, 2012)

El biogás mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de artefactos descomponiéndose principalmente en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Debido al contenido de CO<sub>2</sub> el biogás tiene una velocidad de propagación de la llama lenta, 43 cm/s y por lo tanto la llama tiende a escaparse de los quemadores. La presión para un correcto uso del gas oscila entre los 7 y los 20 mbar. (Sarria, 2012)

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto nafteros como Diésel. El gas obtenido por fermentación tiene un octanaje que oscila entre 100 y 110 lo cual lo hace muy adecuado para su uso en motores de alta relación volumétrica de compresión, por otro lado, una desventaja es su baja velocidad de encendido. (Sarria, 2012)

En los motores de Ciclo Otto el carburador convencional es reemplazado por un mezclador de gases. Estos motores son arrancados con nafta y luego siguen funcionando con un 100% de biogás con una merma de la potencia máxima del 20% al 30%. (Sarria, 2012)

A los motores de Ciclo Diésel se les agrega un mezclador de gases con un sistema de control manteniendo el sistema de inyección convencional. De esta manera, pueden funcionar con distintas proporciones de biogás Diésel y pueden convertirse fácil y rápidamente de un combustible a otro lo cual los hace muy confiables. El gasoil no puede ser reemplazado en los motores funcionando a campo del 85% al 90%, debido a que la autonomía conseguida es menor comparada con la original. (Sarria, 2012)

La proporción de H<sub>2</sub>S en el biogás causa deterioros en las válvulas de admisión y de escape de determinados motores obligando a un cambio más frecuente de los aceites lubricantes. El grado de deterioro en los motores varía considerablemente. (Sarria, 2012)

Los motores a biogás tienen amplio espectro de aplicación siendo los más usuales el bombeo de agua, el picado de raciones y el funcionamiento de ordeñadoras en el área rural. El otro uso muy generalizado es su empleo para activar generadores de electricidad. (Sarria, 2012)

#### **2.2.2.2. El biodigestor**

Es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material; en el cual se almacena basura orgánica mezclada con agua que al descomponerse en ausencia de aire generan biogás. (Corona Zuñiga, 2007)

Definido por el diseño de la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema.

Al especificar que se puede tomar cualquier forma se está indiciando que se utilizan tanques cilíndricos, rectangulares, esféricos o semiesféricos, dependiendo de las preferencias del usuario y de las facilidades que se tengan para su construcción. Sin embargo, desde el punto de vista físico y del proceso no se recomienda emplear tanques rectangulares: Requieren mayor cantidad de materiales de construcción y crean dentro de la masa en digestión zonas de diferente composición y temperatura que impiden obtener mayor provecho del sistema. (Corona Zuñiga, 2007)

### 2.2.2.3. Tipos de biodigestores

**Biodigestor balón, tubular o *plug flow*.** En este modelo de biodigestor, la planta balón está compuesta por una bolsa de plástico o de caucho; el gas es almacenado en la parte superior de la bolsa de fermentación; la entrada y la salida, por su parte, están sujetas, directamente, a las paredes de la bolsa. El sustrato no ocupa todo el volumen de la bolsa, ya que debe dejar espacio para el gas. (Pizarro, 2005)

La bolsa se hincha, y la cámara de gas se va formando y llenando. Produciendo unos leves movimientos sobre las paredes del balón de fermentación, éste se agita levemente, favoreciendo el proceso de fermentación.

El material del balón es resistente a los rayos ultravioleta o integra otra protección -por ejemplo, una tela media sombra-. Entre sus ventajas podemos marcar su bajo costo, su fácil transporte, las altas temperaturas del digestor, su limpieza, su descarga y mantenimiento simples. Entre sus desventajas está su corta vida útil (cerca de 5 años), su sensibilidad a daños y que no crea fuentes de trabajo en el lugar. (Pizarro, 2005)

Una planta balón se puede recomendar para todos aquellos sitios donde no hay peligro de que se dañe la pared de la bolsa, y en los que predominen temperaturas altas y constantes.

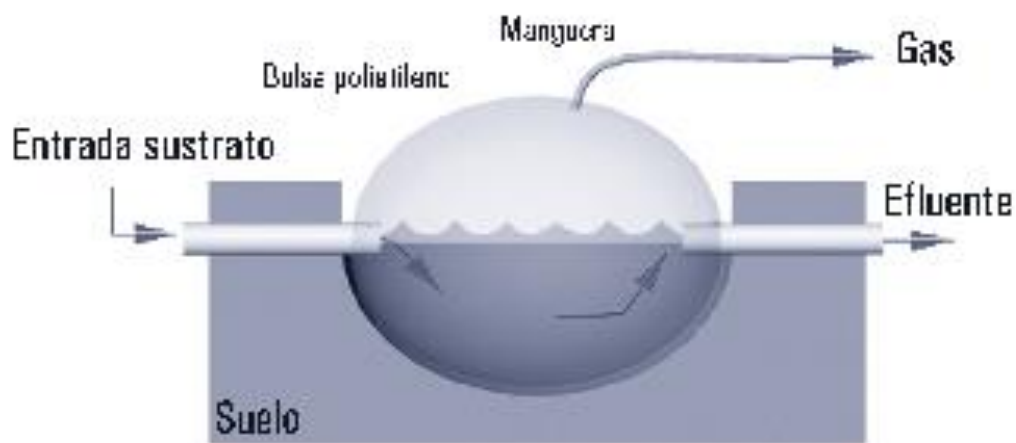


Figura N° 9: Biodigestor balón<sup>11</sup>

**Biodigestor con cúpula fija.** Es un digestor cerrado con cámara de gas inmóvil y fija; el gas es almacenado en su parte superior. (Pizarro, 2005)

Durante la producción de gas, el sustrato de fermentación es desplazado hacia el tanque de compensación (cámara de hidro-presión, salida); la presión del gas aumenta según la cantidad de gas almacenado. Si se encuentra poco gas en el depósito, la presión del gas también es baja.

Es importante tener una presión constante para poder utilizar el gas; por lo tanto, se debe regular la presión o adicionarle un depósito de gas flotante.

Entre sus ventajas podemos decir que es de bajo costo de construcción, no posee partes metálicas que se puedan oxidar y, por lo tanto, tiene una larga vida útil (20 años o más); como permite una construcción subterránea, se protege contra bajas temperaturas en el invierno y ayuda a ahorrar espacio.

---

<sup>11</sup> (Pizarro, 2005)

Entre sus desventajas está la dificultad para lograr hermeticidad; como su construcción se realiza con ladrillos y cemento (mampostería), la porosidad se debe evitar con todos los medios posibles. La aparición de grietas que se producen por las fuertes oscilaciones de temperatura y, en muchos casos, por una presión de gas muy alta, perjudican notablemente a la planta. Otra dificultad es que no tiene rebalse automático, por lo que se dificulta su manejo. Además, debe ser cargado y descargado con regularidad; de lo contrario, la planta no funciona. (Pizarro, 2005)

Como, generalmente, se realiza bajo tierra, las temperaturas de fermentación son las que pautan las condiciones climatológicas.

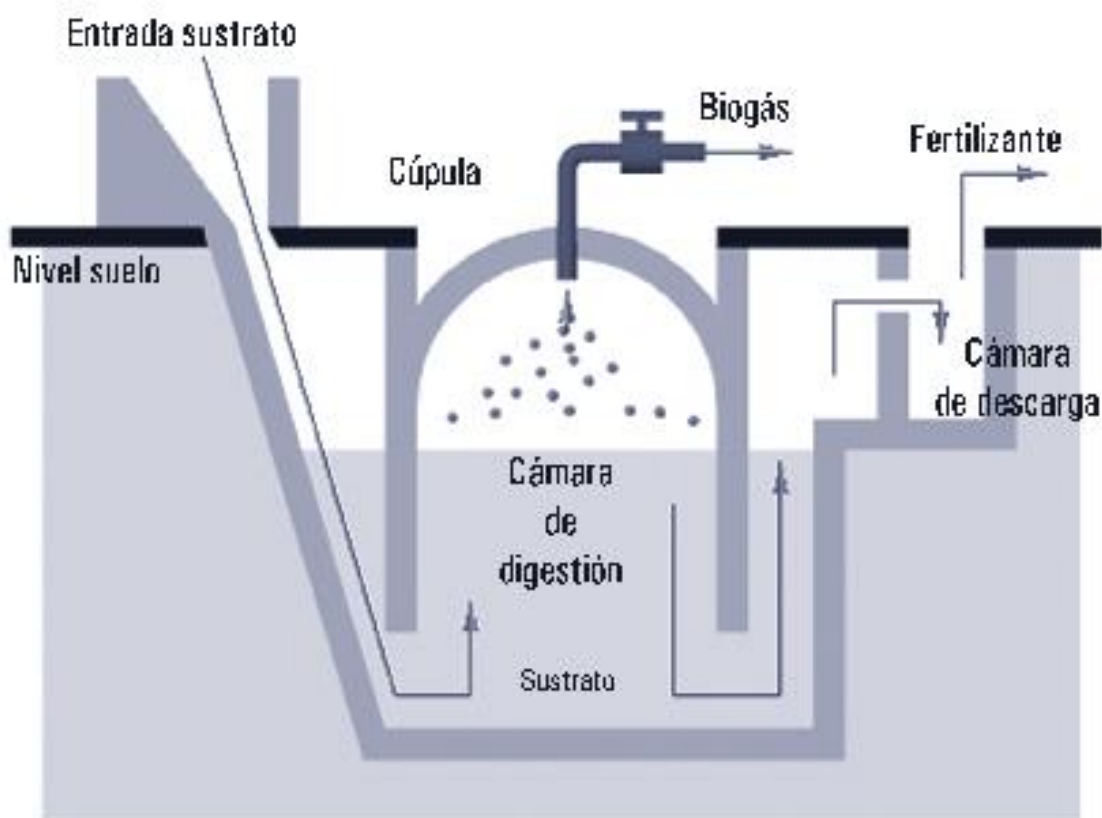


Figura N° 10: Biodigestor de cúpula fija<sup>12</sup>

<sup>12</sup> (Pizarro, 2005)

**Biodigestor de campana flotante.** Se compone de un digestor y de un depósito de gas móvil (campana). El depósito de gas flota, ya sea directamente en el sustrato de fermentación o en el anillo de agua propia que se forma; el gas se acumula en la campana, haciéndola subir. Cuando se extrae gas, ésta vuelve a bajar, guiada por un bastidor para evitar que se incline. (Pizarro, 2005)

Sus ventajas consisten en que es de manejo fácil, se consigue una presión de gas constante y es de fácil construcción. (Pizarro, 2005)

Sus desventajas radican en los altos costos de construcción de la campana y en la inclusión de muchas piezas metálicas que se corroen con facilidad -las que se deben evitar, ya que acortan su tiempo de utilidad a, aproximadamente, 5 años. Aún con estas desventajas, siempre es recomendable la planta con campana flotante. En caso de crisis en cuanto a poder controlar el estado del sistema -por ejemplo, en un caso de sobrepresión, el gas se fuga por el espacio entre la campana y el líquido donde flota. (Pizarro, 2005)

Campanas flotantes de fibra de vidrio o polietileno compacto han dado un buen resultado, aún con altos costos de construcción; en cambio, campanas hechas de PVC no son viables.

En reemplazo de una campana flotante, es posible extender un material flexible o semiflexible en la boca del cilindro del digestor; de esta manera, se evita la campana y se reducen costos de construcción. El único recaudo que este cambio implica es que exige un ajuste óptimo del material con el borde del digestor.

En cuanto a su uso, puede ser individual, industrial o comunal. (Pizarro, 2005)

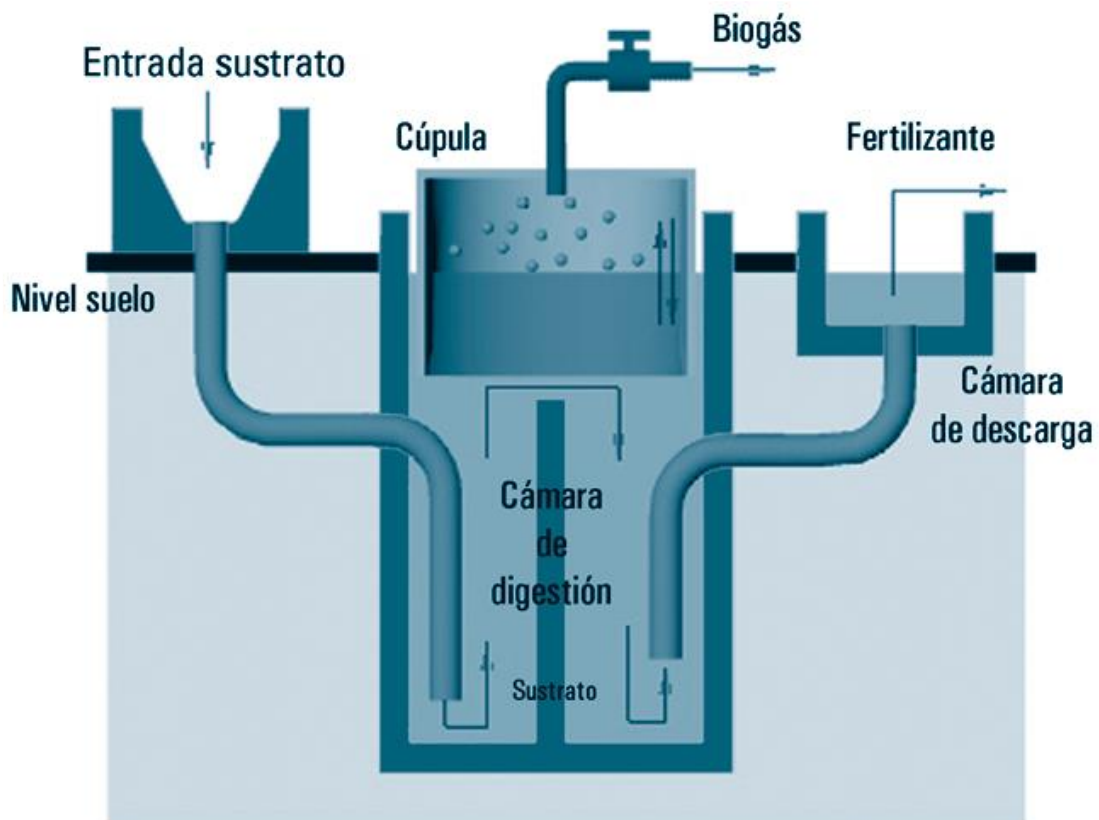


Figura N° 11: Biodigestor de campana flotante<sup>13</sup>

#### 2.2.2.4. Partes de un biodigestor

##### a) Tanques de carga.

Es el ducto por el cual va a ser alimentado el digestor y está construido de ladrillo común y su superficie interna lleva un aplanado de cemento. La alimentación se prepara en el tanque de carga y se introduce al digestor por la parte inferior a través de un tubo de PVC dirigido hacia la línea central del tanque. (Corona Zuñiga, 2007)

<sup>13</sup> (Pizarro, 2005)

**b) Tanque de descarga:**

Es el ducto por medio del cual se extraen los lodos residuales producto de la digestión anaeróbica y está elaborado con los mismos materiales y de la misma forma que el tanque de carga. La descarga se efectúa por el efecto de vasos comunicantes: Al cargar el digestor, la presión del material que entra expulsa por el tubo de descarga una cantidad igual de material ya procesado (o agotado). (Corona Zuñiga, 2007)

**c) Tanque de Almacenamiento de gas.**

Para los digestores de domo fijo y de domo flotante el tanque de almacenamiento consiste en una construcción circular o cuadrada de ladrillo con un acabado por adentro de cemento pulido y para los digestores de globo consistirá en una bolsa de material plástico resistente a la corrosión y al medio agresivo. El gas producido por el digestor se almacena con el fin de tener disponible una cantidad suficiente en el momento que se requiera, utilizando cualquier recipiente hermético. (Corona Zuñiga, 2007)

En algunos tipos de digestores el almacenamiento está directamente sobre la boca, en esos casos es conveniente utilizar campanas flotantes metálicas que permiten disponer del gas a una presión constante. (Corona Zuñiga, 2007)

**d) Línea de conducción**

La línea de conducción para una instalación típica, sus dimensiones van a depender de:

- a). -Del flujo de gas que se desea transportar y
- b). -De la distancia existente entre la planta y el lugar de uso.



Vale la pena mencionar que las plantas de Biogás utilizan casi siempre manguera de PVC, debido a que este material no es afectado por la acción del ácido sulfhídrico. La manguera de PVC irá preferiblemente enterrada o recubierta para evitar el deterioro (cristalización) por la luz solar. De lo contrario, se colocará elevada para evitar daños físicos causados por personas o animales. (Corona Zuñiga, 2007)

#### **e) Válvulas**

Se utilizan mínimo dos válvulas para gas, la primera o principal irá instalada inmediatamente al comienzo de la conducción y sobre el niple de salida. La segunda se monta al final de la línea, en el lugar de uso. (Corona Zuñiga, 2007)

Estas válvulas, cuyo tamaño debe ser compatible con el diámetro de la tubería, deberán estar construidas en acero inoxidable o en PVC para evitar la corrosión por el ácido sulfhídrico. (Corona Zuñiga, 2007)

#### **f) Trampas**

El gas debe ser purificado antes del uso. La purificación, en los casos en que el uso se reduce a calefacción, alumbrado o cocción de alimentos, tiene por objeto eliminar o disminuir el contenido de ácido sulfhídrico para proteger de la corrosión los equipos, y a la reducción del contenido de agua presente en el gas como resultado del proceso de digestión. (Corona Zuñiga, 2007)

#### **Trampas de ácido sulfhídrico**

Están constituidas por un recipiente relleno con material de hierro finamente dividido formando un lecho poroso a través del cual debe circular el gas para que reaccione con el metal y se deposite en el lecho.

La condición de porosidad se alcanza utilizando como relleno virutas de hierro o esponjillas de cocina de marca comercial. Estos materiales tienen la ventaja de ser de bajo costo y de oponer poca resistencia al flujo de gas, aspecto importante en razón de las bajas presiones que se manejan en este tipo de sistemas. (Corona Zuñiga, 2007)

La forma del recipiente y las características del material utilizado para su construcción dependen del gusto del propietario de la planta. El único requisito es el de que sean completamente herméticos para evitar fugas de gas. Así, es posible encontrar, en plantas en operación trampas:

Rectangulares construidas en hierro o en acero, pintadas con el mismo material empleado en el enlucimiento y protección de la campana.

Cilíndricas en acero. Estas se construyen a partir de secciones de tubería estándar de 2 pulgadas o más. Al igual que las anteriores, requieren de pintura interior y exterior para protegerlas de la corrosión.

Cilíndricas en PVC: Se construyen también a partir de tuberías estándar, o se arman utilizando accesorios (en Y) de PVC disponibles en el mercado. No requieren pintura protectora, pero deben en lo posible no exponerse a los rayos del sol. (Corona Zuñiga, 2007)

La trampa de sulfhídrico actúa también como trampa de llama no sólo por la presencia del relleno sino por el mayor diámetro del recipiente con relación a la línea de conducción.

#### b) Trampas de agua

El agua arrastrada por el gas se separa cuando la corriente encuentra en su trayectoria una expansión brusca y una contracción posterior. Para lograr este propósito será suficiente instalar sobre la línea un accesorio idéntico a

las trampas de sulfhídrico, con la diferencia de que no se necesitará el relleno de material de hierro. (Corona Zuñiga, 2007)

Las trampas están provistas de un grifo de purga por donde se debe evacuar periódicamente el agua depositada en el fondo. (Corona Zuñiga, 2007)

#### **2.2.2.5. Digestión anaeróbica**

El estiércol fresco contiene bacterias que continúan digiriéndolo y producen metano, dióxido de carbono y otros gases. Si esta digestión se hace en ausencia de aire (digestión anaerobia) se produce biogás, que es uno de los intereses de un biodigestor. Realmente hay una producción en cadena de diferentes tipos de bacterias. Unas inicialmente producen una hidrólisis del estiércol generando ácidos orgánicos. Otro tipo de bacterias digieren estos ácidos orgánicos a través de una deshidrogenación y acetogénesis dando como resultado ácido acético e hidrogeno. Y finalmente, otras bacterias llamadas metanogénicas, digieren el hidrogeno y el ácido acético para transformarlo en metano, que es el gas más importante del biogás y el que permite la combustión. (Marti Herrero, 2008)

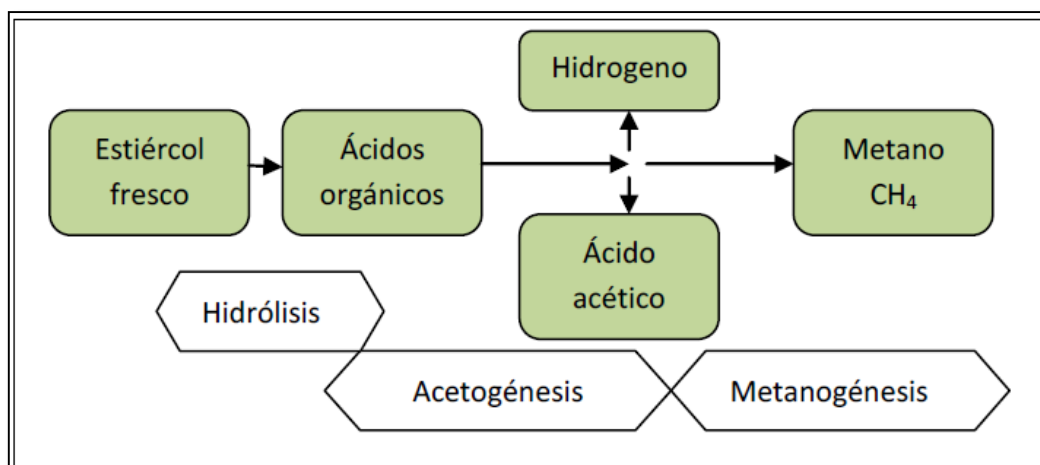


Figura N° 12: Proceso biológico que ocurre en el interior del biodigestor<sup>14</sup>

#### 2.2.2.6. Temperatura y tiempo de retención

En el proceso de digestión anaerobia son las bacterias metanogénicas las que producen, en la parte final del proceso, metano. Existen diferentes poblaciones de bacterias metanogénicas y cada una de ellas requiere una temperatura para trabajar de forma óptima. Existen poblaciones metanogénicas donde su mayor rendimiento es a 70°C de temperatura, pero para ellos habría que calentar el lodo interior del biodigestor. Hay otras poblaciones en que su rango óptimo de trabajo es de 30 a 35°C. Estas temperaturas se pueden alcanzar en zonas tropicales de manera natural. La actividad de las bacterias descende si estamos por encima o por debajo del rango de temperaturas óptimas de trabajo. (Marti Herrero, 2008)

En biodigestores sin sistema de calefacción se depende de la temperatura ambiente que en muchas regiones es inferior al rango de temperaturas óptimo. (Marti Herrero, 2008)

<sup>14</sup> (Marti Herrero, 2008)

A menores temperaturas se sigue produciendo biogás, pero de manera más lenta. A temperaturas inferiores a 5°C se puede decir que las bacterias quedan 'dormidas' y ya no producen biogás. (Marti Herrero, 2008)

Por ello es necesario estimar un tiempo de retención según la temperatura a la que se trabaje. El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir biogás. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias, que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogás. (Marti Herrero, 2008)

#### **2.2.2.7. Medidas de seguridad en el sistema con biogás**

**Restricción del Acceso** Se deberá restringir el acceso al digestor desde el momento de la excavación de la laguna para proteger a la superficie ya preparada e impermeabilizada, evitando que se dañe la geomembrana instalada. Así también se deberá restringir el acceso al momento del llenado, tanto a personas como a animales, ya que cualquier superficie impermeabilizada con geomembranas se vuelve resbalosa, especialmente si está mojada.

**Cerco Perimetral** Una vez terminado el digestor se debe instalar un cerco perimetral (por ejemplo, de malla ciclónica, reja o paredes), para evitar que personal no autorizado o animales accedan al digestor. El cerco perimetral,

deberá ser por lo menos de 2 metros de altura, y se colocaran letreros de aviso de restricción de acceso en puertas de entrada.

**Señalizaciones** Además de una señal de acceso restringido en el digestor y el sistema de manejo de biogás, Se deberá instalar anuncios visibles en las áreas de seguridad que indiquen las siguientes leyendas “PELIGRO: GAS ALTAMENTE INFLAMABLE” y “SE PROHIBE FUMAR”.

**Seguridad en el Sistema de Tuberías** Se deberá instalar en las tuberías de entrada o de salida de residuos, sellos hidráulicos, que eviten la fuga del gas del interior del biodigestor por la tubería cuando el volumen baja de nivel, y la tubería queda en contacto directo con el gas.

**Instalación de Válvulas de Alivio** Se deberán instalar válvulas de alivio que liberen automáticamente el gas a la atmosfera cuando el digestor alcance una presión determinada eliminando así el riesgo de desgarre de la membrana o desanclaje del sistema. Este sistema puede ocasionar la pérdida del gas, pero mantiene la integridad del digestor.

**Prevención y Control de Incendios** Si el digestor está construido en su totalidad se tendrá en cuenta la información que se brindara a todos los que estén en zonas aledañas cercanas sobre su ubicación, para así prevenir las quemaduras que acostumbran hacer y tener total cuidado con los incendios.

**Equipos de protección y seguridad personal** A los operarios se tendrá que suministrar los accesorios correspondientes para laborar con total seguridad dentro del área del digestor en la que se encuentren los equipos. (Sagarpa, 2013, p. 23)

Es importante que en áreas donde se produce la generación de energía, se deberá contar con su equipo de protección personal (E.P.P) que son los lentes de seguridad, overol, zapatos de seguridad y casco. (Sagarpa, 2013, p. 23)

### **2.2.3. Grupos electrógenos con biogás**

La generación de electricidad, utilizando biogás, es una posibilidad real y altamente documentada. Son muchas las alternativas posibles para generar electricidad empleando el biogás como combustible: motores de combustión interna, celdas de combustible, turbinas de gas y de vapor, etc. (Labiano Iradiel, 2014)

Debido a su autonomía y compatibilidad, se considera que la tecnología apropiada para los proyectos rurales de generación de electricidad con biogás es el empleo de motores alternativos de combustión interna. (Labiano Iradiel, 2014)

#### **2.2.3.1. Motores de combustión interna alternativos**

El motor alternativo de combustión interna es un motor que convierte la energía química contenida en un combustible en energía mecánica de rotación de un eje. La reacción explosiva de la mezcla aire-combustible en el interior de un cilindro provoca el movimiento lineal del pistón, que la biela convierte en rotación del cigüeñal. De esta manera también se asegura el movimiento alternativo del pistón, que permite la expulsión de los gases formados en la combustión y la entrada de mezcla fresca lista para explosionar. (Labiano Iradiel, 2014)

Los motores alternativos de combustión interna están basados en una tecnología conocida y ampliamente usada. Esta tecnología se encuentra presente en máquinas tan habituales como automóviles, barcos, aviones, equipos de obras públicas, y por supuesto, en plantas de producción de energía eléctrica. Para esta última aplicación, la energía mecánica generada por el motor se emplea para mover un alternador, el cual se encarga de transformar la misma en energía eléctrica. Es por lo tanto la combinación de un motor y de un alternador lo que permite obtener energía eléctrica a partir de un combustible. Además, el motor y el alternador pueden ser adquiridos como un solo conjunto denominado grupo electrógeno. (Labiano Iradiel, 2014)

Hay básicamente dos tipos de motores de combustión: Los motores de encendido provocado, más conocidos como motores de gas o de ciclo Otto y los motores de encendido por compresión, más conocidos como motores Diésel. Ambos tipos de motores presentan esencialmente los mismos componentes: Una cámara de combustión cilíndrica que es recorrida por un pistón el cual se encuentra conectado con el eje del cigüeñal a través de una biela, de tal manera que se transforma el movimiento lineal del pistón en uno de rotación. (Labiano Iradiel, 2014)



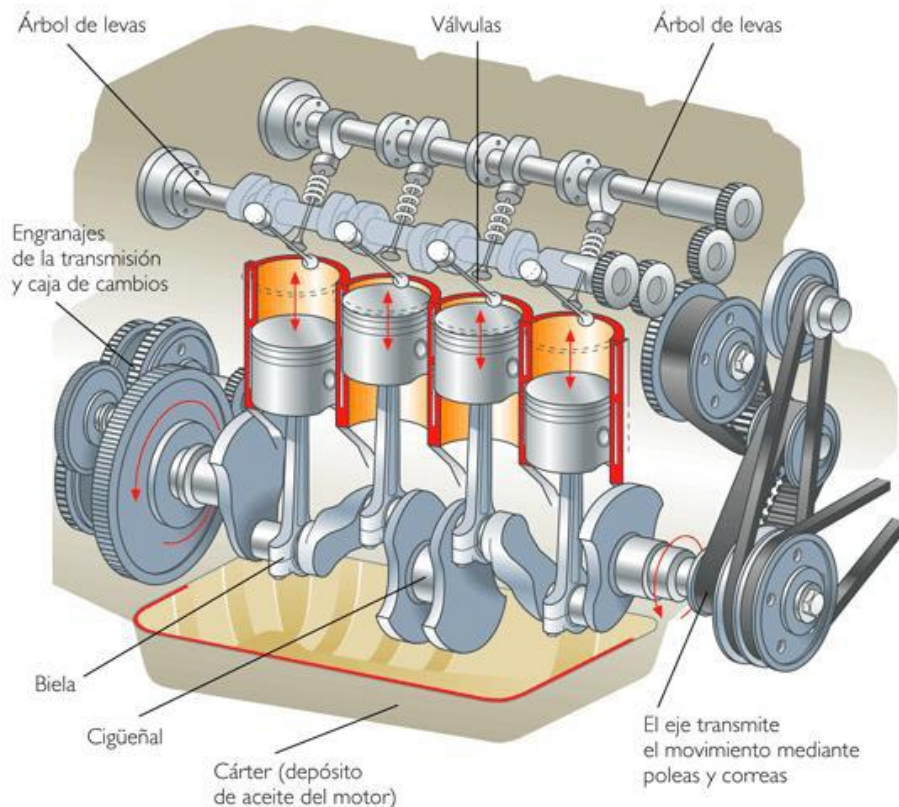


Figura N° 13: Motor de cuatro tiempos<sup>15</sup>

La principal diferencia entre ambos es el método de encendido. En los motores de encendido provocado este se realiza gracias a la chispa de una bujía que inicia la combustión de la mezcla de comburente (aire) y combustible después de que ésta es introducida en la cámara, mientras que en los motores de encendido por compresión se comprime en primera estancia únicamente aire a alta presión y cuando su temperatura es lo suficientemente alta es cuando se inyecta en la cámara combustible a alta presión produciéndose la combustión. (Labiano Iradiel, 2014)

<sup>15</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

**El biogás** puede ser empleado como combustible en motores de combustión interna con el cometido de generar energía eléctrica. Dichos equipos pueden haber sido diseñados para funcionar con biogás como combustible o pueden estar pensados para funcionar con un combustible diferente. Este último grupo englobaría a los motores a gas, gasolina o Diésel, los cuales pueden ser modificados para funcionar con biogás. (Labiano Iradiel, 2014) En cuanto a los equipos diseñados para funcionar específicamente con biogás, se puede encontrar en el mercado grupos electrógenos con motor integrado a biogás. A continuación, se exponen las características de los equipos de combustión mencionados:

### **Motores a gasolina<sup>16</sup>**

Los motores de combustión a gasolina pueden funcionar con biogás realizándoles una simple adaptación, que consiste en colocar entre el filtro del aire y el carburador una “T” por donde se suministra el biogás al sistema. Al ser alimentado con biogás directamente al colector de admisión, el motor no permite una regulación automática de la mezcla y la carga, por lo que el ajuste del motor se debe realizar de forma manual desde la válvula de control del biogás, colocada en la línea de admisión. Es por ello que se recomienda que las cargas aplicadas sean constantes, para evitar los problemas de regulación del motor y por tanto una ineficiente calidad de la energía suministrada por el generador. Para el caso de cargas variables, el flujo de gas hacia el motor se debe regular con un sistema de control especialmente diseñado, que garantice que el flujo del gas que se inyecte en el motor pueda responder a

---

<sup>16</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

las diferentes demandas de potencia debido a las variaciones de carga eléctrica, provocada por el constante entrar y salir de cargas.

### **Motores a Diésel**<sup>17</sup>

Los motores de combustión a Diésel han sido históricamente los más populares para las aplicaciones de generación tanto de pequeña como de gran potencia. Debido a su mayor relación de compresión presentan una mayor eficiencia que los motores de encendido provocado. Sin embargo, en la actualidad se encuentran en claro retroceso debido a su alto índice de emisiones contaminantes y viéndose superados por los motores de encendido provocado con gas natural.

Los motores a diésel pueden operar con una sustitución del diésel por biogás de hasta un 70% con un consumo de diésel del 30% restante. Al consumir los dos tipos de combustible al mismo tiempo el motor no sufre ninguna alteración. En estos motores la mezcla de diésel y biogás se realiza directamente en la cámara de combustión del motor. Cuando el motor recibe el biogás por la entrada de aire, este se acelera, por lo que el gobernador de la bomba de inyección reduce la cantidad de diésel suministrado a la cámara de combustión, logrando una estabilidad en la aceleración y potencia del motor. Estos motores soportan las variaciones de carga sin tener que operar la válvula de regulación del biogás, permitiendo operar en un rango más amplio de carga. Para los arranques del motor se debe alimentar únicamente con Diésel, una vez arrancado el mismo se realiza la transferencia de biogás

---

<sup>17</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

gradualmente hasta alcanzar el 70%. No es recomendable la sustitución mayor a un 70% de biogás por Diésel porque puede dañar el motor.

### **Motores a gas** <sup>18</sup>

En los motores de combustión a gas el combustible utilizado es generalmente gas natural. El gas natural es un hidrocarburo compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) y su poder calorífico es muy parecido al de los combustibles derivados del petróleo. Para que un motor pueda funcionar con gas natural debe de ser de explosión con encendido por chispa (Ciclo Otto). El proceso de combustión es muy similar al de un motor de gasolina y tan solo se diferencia del mismo en la tecnología de admisión del combustible. El aire aspirado por el motor se mezcla en el colector de admisión con el gas natural por efecto Venturi o por inyección. La mezcla es introducida en el cilindro por la válvula de admisión para posteriormente ser comprimida y explosionada tras saltar la chispa en la bujía.

Las modificaciones que se deben realizar al motor para utilizarlo en la generación de electricidad empleando biogás como combustible consiste en modificar levemente la presión de inyección del gas. El porcentaje de sustitución de biogás por gas es del 100%, pudiéndose realizar una conexión de la tubería de biogás al sistema de modo que el equipo pueda operar con ambos combustibles si se cree conveniente.

Este tipo de tecnología ofrece bajos costes de inversión, rápida puesta en marcha, buena fiabilidad con un adecuado mantenimiento y unas excelentes

---

<sup>18</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

características de carga. Presentan un buen potencial de recuperación de calor, consiguiendo fácilmente unos rendimientos globales del 70 al 80%. Además, su alta eficiencia eléctrica hace que sus costes de operación sean menores. Por contra, sus costes de mantenimiento son mayores, debido a que son necesarias numerosas revisiones periódicas para cambiar los filtros de aceite del motor y las bujías.

### **Motores a biogás<sup>19</sup>**

Los beneficios que conllevan la generación de biogás y su uso para generar energía han propiciado el desarrollo de esta tecnología. De esta forma han aparecido en el mercado empresas que ofertan grupos electrógenos preparados para funcionar exclusivamente con biogás. Un grupo electrógeno a biogás es una máquina que, a través de un motor de combustión interna cuyo combustible es biogás, mueve un generador eléctrico. El motor que se encarga de transformar la energía química contenida en el biogás en energía mecánica que hará girar el alternador. Al ser el combustible biogás, los motores que se emplean son de ciclo Otto y son estructuralmente similares a los motores a gas natural. Por su parte, el generador eléctrico se encarga de producir la energía eléctrica de salida a partir de la energía mecánica del motor. Generalmente se trata de alternadores autorregulados y sin escobillas, los cuales van acoplados de manera precisa al motor.

Como principales ventajas de los grupos electrógenos a biogás se puede decir que disponen de alternadores robustos y preparados para soportar las vibraciones que ocasiona la combustión de biogás, así como de motores de

---

<sup>19</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

bajas revoluciones que aumentan la vida útil del mismo. Además, al tratarse de grupos electrógenos, contarán con un sistema de regulación del motor que permitirá trabajar con cargas variables. El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

Se trata de motores adecuados para biogás por lo que se evita realizar modificaciones que en los anteriores motores eran necesarias. Para un correcto funcionamiento de estos grupos electrógenos, el biogás deberá ser suministrado a una determinada presión que puede estar en el orden de 10-100 mbar. Desafortunadamente, la exclusividad de esta tecnología la lleva a ser más cara.

#### **2.2.3.2. Alimentación de combustible al grupo electrógeno<sup>20</sup>**

Los grupos electrógenos a gas utilizan combustibles gaseosos para su funcionamiento, ya sea gas natural, gas licuado de petróleo o, como en el caso de estudio, biogás. Sin importar el combustible usado, existen unos requisitos mínimos necesarios en la instalación que deben satisfacerse para asegurar la operación del sistema:

---

<sup>20</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

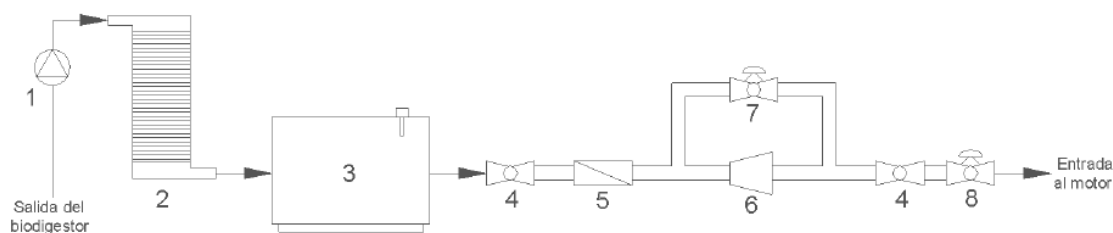


Figura N° 14: Sistema de alimentación de combustible<sup>21</sup>

Tabla N° 3: Componentes del sistema de alimentación de combustible<sup>22</sup>

<b>1</b>	<b>Bomba de vacio</b>	<b>5</b>	<b>Filtro de gas</b>
<b>2</b>	<b>Filtro de remoción de H<sub>2</sub>S</b>	<b>6</b>	<b>Compresor</b>
<b>3</b>	<b>Tanque de combustible diario</b>	<b>7</b>	<b>Válvula de recirculación</b>
<b>4</b>	<b>Válvula de cierre</b>	<b>8</b>	<b>Regulador de presión</b>

El gas suministrado al conjunto generador debe ser de calidad aceptable, es decir, que la cantidad de energía por unidad de volumen de combustible sea alta.

El suministro de gas debe tener suficiente presión, aportándose la apropiada para la operación en todo momento. (Labiano Iradiel, 2014)

El gas debe suministrarse al generador en suficiente volumen para que este pueda operar. Para ello habrá que elegir una tubería de transporte que permita el caudal adecuado de biogás. Lógicamente, cuanto mayor sea la calidad del combustible menor será el caudal requerido. (Labiano Iradiel, 2014)

<sup>21</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

<sup>22</sup> (Labiano Iradiel, 2014)

Estos requisitos se logran gracias a un sistema de alimentación de combustible cuyos elementos van a ser descritos con detalle en este apartado.

Dichos elementos son:

Filtro de remoción de H<sub>2</sub>S (2): Su función es eliminar el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) presente en la composición del biogás. El biogás producido en el biodigestor es transportado por medio de una bomba de vacío (1) a través de este filtro.

Tanque de combustible (3): Su función es almacenar el biogás destinado a alimentar el grupo electrógeno. El biogás llega al tanque a través del filtro de remoción de H<sub>2</sub>S. (Labiano Iradiel, 2014)

Tren de calibración (4-8): Su función es hacer llegar el biogás desde el tanque hasta el grupo electrógeno en las condiciones adecuadas de presión, volumen y temperatura. El elemento principal del tren de calibración es el compresor (6), y su funcionamiento se complementa con válvulas, sensores y un filtro de gas. (Labiano Iradiel, 2014)

### **Filtro de remoción de H<sub>2</sub>S<sup>23</sup>**

El biogás es una mezcla de gases compuesta por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), vapor de agua (H<sub>2</sub>O) así como restos de hidrógeno (H<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). El metano pertenece a la familia de los hidrocarburos, por tanto, tiene propiedades inflamables, mientras que los otros gases (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, etc.) tan solo diluyen el biogás.

---

<sup>23</sup> (Labiano Iradiel, 2014)



Dado que el biogás será el combustible que se empleará para la generación de electricidad, es de suma importancia garantizar que el mismo no contenga compuestos que vayan a dañar física y/o químicamente el equipo en el que se piensa aprovechar. En ese sentido habrá que tener muy en cuenta al contenido de sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico en el biogás. La diferencia entre ambos, es simplemente el estado físico en que se encuentran. El sulfuro de hidrógeno es un gas, mientras que el ácido sulfhídrico es el mismo sulfuro de hidrógeno que ha reaccionado con agua para formar un ácido. El sulfuro de hidrógeno y el metano se producen en el biodigestor, en el mismo proceso, por lo tanto, la presencia de este compuesto en el biogás entra dentro de lo normal. (Labiano Iradiel, 2014)

El sulfuro de hidrógeno es el compuesto que le da al biogás su mal olor característico. No tiene color, es inflamable y extremadamente peligroso.

Es importante llevar a cabo una remoción del ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) por las siguientes razones:

Es extremadamente nocivo para la salud debido a su alta toxicidad.

Puede causar daños internos por corrosión en equipos como generadores eléctricos, microturbinas, etc.

Su combustión genera dióxido de azufre ( $SO_2$ ), compuesto que además de tóxico es dañino para el medio ambiente. (Labiano Iradiel, 2014)

En base a lo expuesto se decide que el sistema de generación de electricidad del matadero municipal de Cochabamba disponga de una torre de absorción de  $H_2S$  para acondicionar el biogás antes de su entrada al motor. La torre de

absorción tendrá un volumen de 1100 litros e irá ubicada a la salida del biodigestor. En caso de querer emplear el biogás almacenado en los gasómetros para alimentar el motor, deberá trasladarse el mismo a través de la torre de absorción. De esta forma, además de una protección del grupo electrógeno, se logrará proteger el resto de equipos que intervengan en el sistema de generación y que están ubicados tras la torre de absorción de H<sub>2</sub>S. Debido a que la presión que se genera en el interior del biodigestor de los gasómetros no es la adecuada para llevar a cabo el transporte del biogás, se hará llegar el mismo a la torre de absorción mediante el empleo de bombas de vacío. Las bombas aumentarán la presión de 1,5 kPa que hay en el interior del biodigestor y de los gasómetros hasta unos 3,5 kPa, posibilitando el transporte del biogás a través del filtro de H<sub>2</sub>S. (Labiano Iradiel, 2014)

## **2.2.4. Energía solar fotovoltaica**

### **2.2.4.1. Energía solar en el Perú<sup>24</sup>**

La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra

---

<sup>24</sup> <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>; 5,0 a 6,0 kWh/m<sup>2</sup> en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup>.

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú. El primer ámbito (y más tradicional) es el uso como fuente térmica a través de termas de agua en zonas del sur peruano, principalmente Arequipa y Puno, departamentos en los que existe cerca de 30 empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Asimismo, su uso no se limitaría a lo domestico sino también podría incluirse en usos productivos como secadores de granos para la agricultura (en la zona sur la producción de granos andinos como kiwicha, quinua, kañihua es alta) así como para como la potabilización de agua en aquellas zonas que lo requieran.

Otro ámbito donde existen avances es en la provisión de electricidad a las zonas rurales. Según datos del 2011, el 16% población peruana no tiene electricidad en sus casas, cifra que se eleva a 22% en las zonas rurales. Según la Dirección General de Electrificación Rural aún existen cerca de 500 000 hogares ubicados en zonas rurales que quedarían sin ser atendidos por los programas públicos de electrificación. El Plan de Electrificación Nacional de Electrificación Rural cerca de 345 823 hogares deberán ser cubiertos con módulos fotovoltaicos en espacios rurales.

Entre los proyectos existentes está el financiado por el Banco Mundial, el Global Environment Facility – GEF y el MEM que ya ha subvencionado la provisión de electricidad a 2 216 hogares que con sistemas fotovoltaicos pilotos. Asimismo, dentro de este esquema existiría en cartera otro subproyectos para llegar a 7 000 hogares más. Otro programa es Euro Solar, que provee 130 pequeñas centrales de energía híbrida (eólico-solar) destinadas a abastecer de energía a postas, colegios y locales comunales rurales. Asimismo, el programa Luz para Todos del Gobierno Central contempla que cerca de 11 640 nuevas localidades con servicio eléctrico serán atendidas con fuentes renovables siendo una buena parte de ellas a través de sistemas fotovoltaicos. Entre las opciones para la electrificación rural están los sistemas fotovoltaico domiciliario (SFD). La empresa estatal ADINELSA, encargada de la promoción de la electrificación rural en áreas no concesionadas, ya posee más de 1500 SFDs operativos en el sur del país.

El tercer ámbito de desarrollo, y el más promisorio, es el que ha surgido con la concesión de las 4 centrales solares que se enlazarán al Sistema Eléctrico Nacional (SEIN) luego de la primera subasta de suministro de electricidad de Recursos Energéticos Renovables (RER) llevada a cabo por el Ministerio de Energía y Minas. Las compañías españolas T-Solar Global y Solarpac Corporation Tecnológica son las que construirán estas cuatro centrales fotovoltaicas, con una potencia conjunta de 80 megavatios (MW). Estas empresas han firmado contratos con el Gobierno Peruano que les permite asegurar la venta de electricidad producida de fuentes solares durante un

lapso de 20 años. Según Juan Laso, Director General de T Solar, esta adjudicación le permitirá “incrementar la cartera de proyectos en fase de desarrollo de T-Solar, que suman una potencia superior a los 650 MW”.

#### **2.2.4.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos**

Existen dos tipos de sistemas de generación fotovoltaica

- Sistemas de generación fotovoltaico aislado
- Sistemas de generación fotovoltaico conectado a la red eléctrica

##### **Sistemas fotovoltaicos aislados<sup>25</sup>**

Este tipo de sistema se utiliza cuando la red de distribución eléctrica se encuentra alejada de los puntos de consumo y son particularmente aplicables para la electrificación de localizaciones inaccesibles a la red como es el caso de las viviendas rurales, también se puede dar otras aplicaciones como es el caso de los sistemas de bombeo, sistemas de telecomunicaciones remotas, balizamiento, alumbrado público, etc.

---

<sup>25</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>

### Componentes de un sistema fotovoltaico aislado<sup>26</sup>

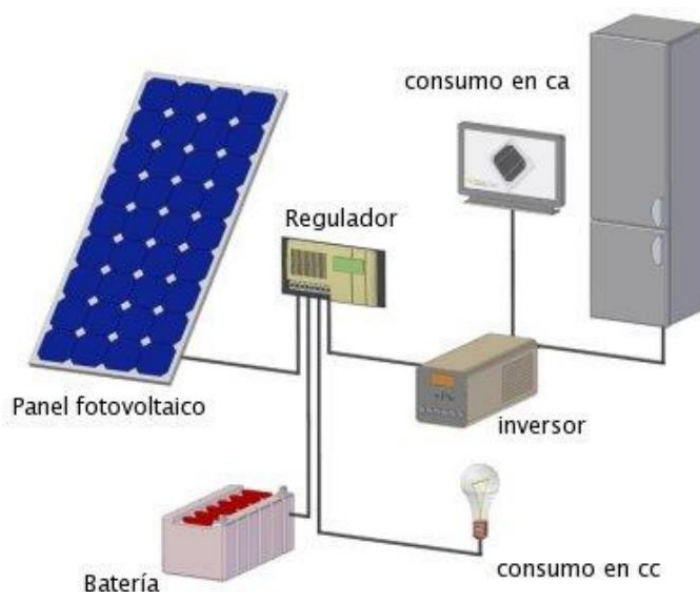


Figura N° 15: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado<sup>27</sup>

El sistema de generación fotovoltaico se encarga de transformar directamente la radiación solar incidente en energía eléctrica. Cuando existen periodos de escasez de energía solar este sistema utiliza bancos de baterías o acumuladores, estos elementos almacenan la energía para solucionar el desfase temporal entre los periodos de generación eléctrica y los de consumo. Por lo general este sistema utiliza un regulador de tensión, que sirve para modular la carga del sistema de acumulación, evitando así las sobrecargas y las descargas excesivas. Además, tiene sistemas de adaptación de corriente o inversores para transformar a corriente alterna.

<sup>26</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>

<sup>27</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>

## Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en sistema aislado

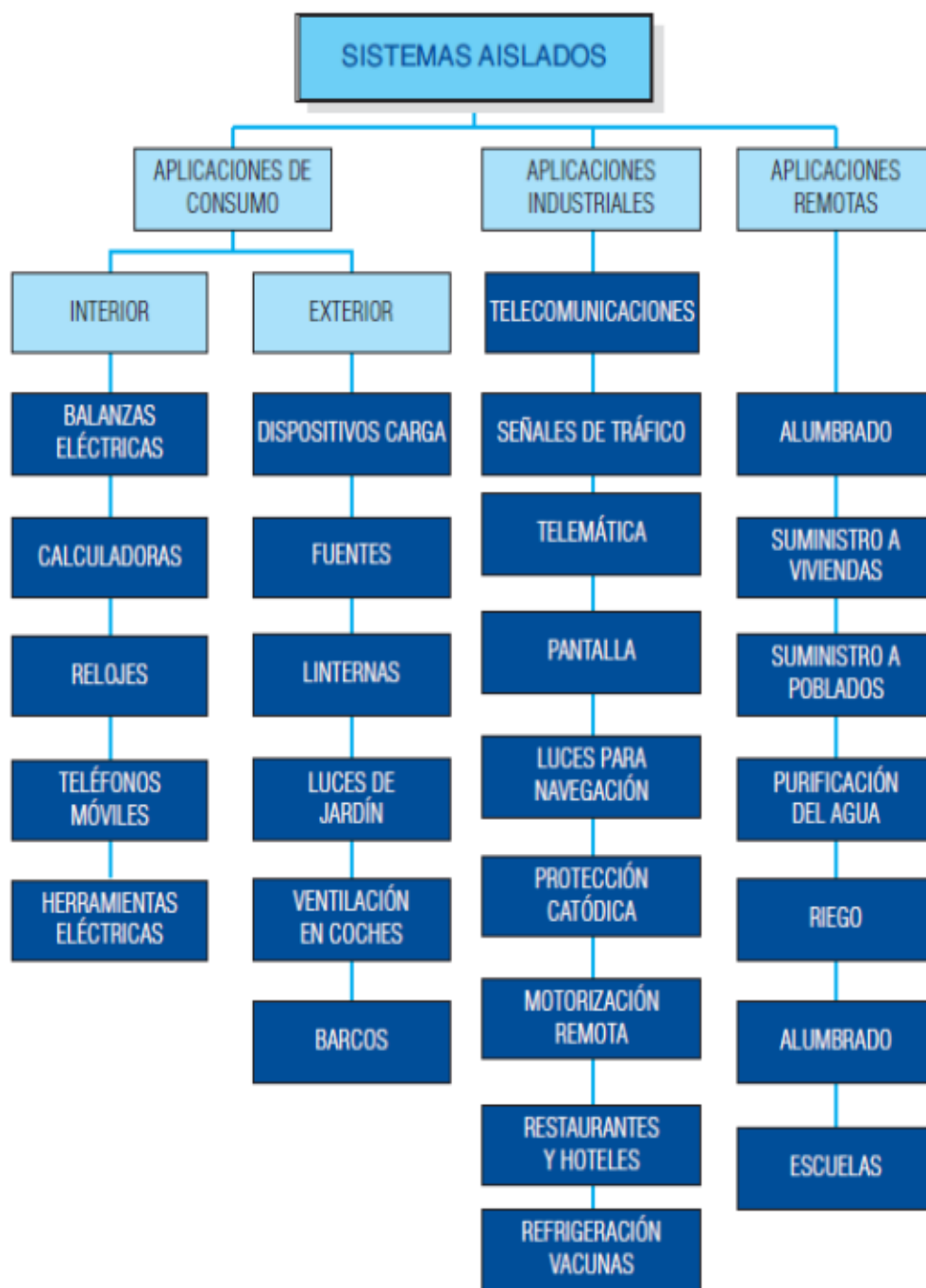


Figura N° 16: Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en sistema aislado<sup>28</sup>

<sup>28</sup><https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21082/TESIS%20FINAL%20VRI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## **Tipos de suministros de los Sistemas fotovoltaicos aislados<sup>29</sup>**

### **El sistema centralizado**

Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro.

### **El sistema descentralizado**

Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos.

## **Sistemas fotovoltaicos conectados a la red<sup>30</sup>**

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son el medio por el cual la electricidad limpia generada por un campo fotovoltaico se inyecta a la red mediante un inversor de corriente, que posee las mismas características de la red de distribución, esta energía se comercializa a la compañía eléctrica. En ocasiones se suelen agrupar los módulos para generar con ello electricidad de forma masiva en las centrales de generación fotovoltaicas.

---

<sup>29</sup> <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcp434a/doc/bmfcp434a.pdf>

<sup>30</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>



## Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red<sup>31</sup>

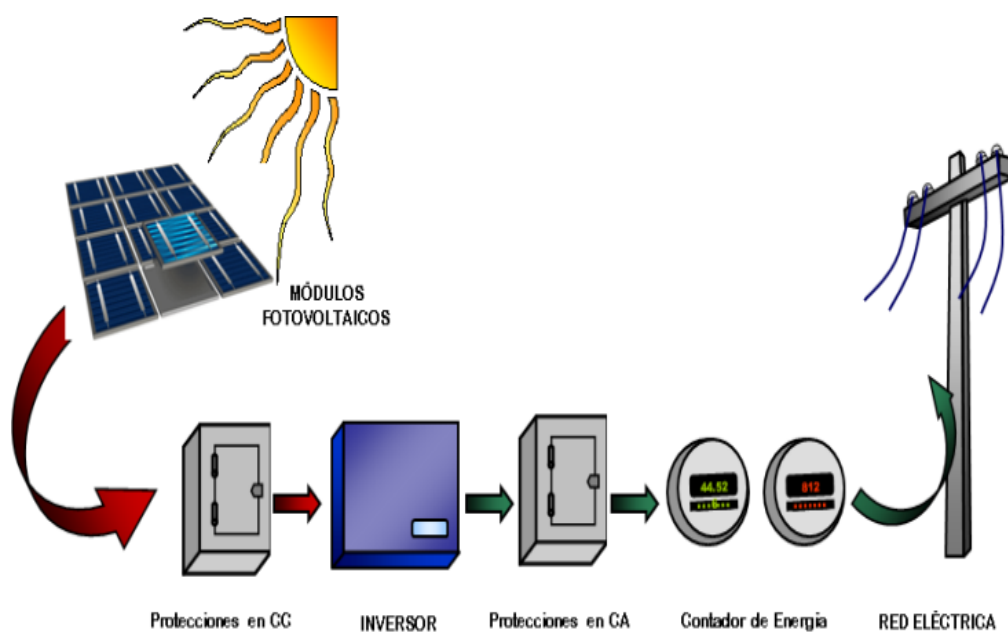


Figura N° 17: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red<sup>32</sup>

Un sistema de generación fotovoltaico conectado a la red cuenta generalmente con:

**Un módulo fotovoltaico** que se encarga de transformar directamente la radiación solar incidente en energía eléctrica.

**Un inversor** que convierte la corriente continua generada por los módulos en corriente alterna para ser inyectada en la red, se conecta tras un cuadro de conexión, que incluye todos los elementos de protección tanto de corriente continua como de alterna, brindando la seguridad necesaria y evitando daños durante el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

<sup>31</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>

<sup>32</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>

**Un contador de energía** que por un lado registra la cantidad de energía sobrante que no se ha utilizado por la edificación y que inyecta a la red y por otro, registra la cantidad de energía tomada de la red.

### **Tipos de suministros de los Sistemas fotovoltaicos conectados a red<sup>33</sup>**

#### **El sistema centralizado**

En estos sistemas, el almacenamiento de energía no es necesario debido a que la radiación solar proporciona la energía eléctrica directamente a las cargas y si en caso de existir excedentes de energía, se puede inyectar en la red.

En este caso, el inversor se debe integrar adecuadamente con la energía (tensión y frecuencia) proporcionado por la red. En periodos nocturnos o en instantes cuando la potencia del sistema fotovoltaico es insuficiente, la red se puede utilizar como un sistema de almacenamiento y con ello alimentar las cargas.

#### **El sistema descentralizado**

Se trata de una estación de energía fotovoltaica central y se instala en los sistemas hasta la gama de MW. Con este sistema, se puede obtener una red de media o alta tensión.

---

<sup>33</sup> <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12218/6/UPS-CT006277.pdf>



Figura N° 18: Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica en sistema conectado a red<sup>34</sup>

#### 2.2.4.3. Componentes del sistema fotovoltaico

##### **Generador fotovoltaico**<sup>35</sup>

Un generador fotovoltaico o panel solar es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de los paneles solares que actualmente están cristalino o policristalino. El tipo monocristalino requiere de un elaborado proceso de manufactura, que insume enormes cantidades de energía eléctrica substancialmente el costo del material semiconductor. La versión policristalina se obtiene fundiendo el material semiconductor, el que es vertido en moldes rectangulares. El primer tipo se encuentra más de elaboración es más complicado, suele su eficiencia. (Sarria, 2012)

<sup>34</sup> <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21082/TESIS%20FINAL%20VRI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>35</sup> (Sarria, 2012)

La superficie del material semiconductor que está expuesta a la luz incidente tiende a reflejar una porción de la misma, disminuyendo que puede llegar al par semiconductor. Para evitar esta pérdida, el fabricante deposita una finísima capa de material antireflectante. (Sarria, 2012)

El circuito equivalente de un panel solar de valores I/V en que puede trabajar el dispositivo.



Figura N° 19: Circuito equivalente de un panel fotovoltaico<sup>36</sup>

#### 2.2.4.4. Baterías

El banco de baterías consta de un arreglo de las mismas conectadas en serie o en paralelo para conseguir una tensión y una corriente deseada respectivamente, para poder suplir la carga según sus características. (Sarria, 2012)

Una batería se compone de celdas, las cuales tienen dos placas, una positiva y una negativa, sumergidas en electrolito. El electrolito es una solución de

<sup>36</sup>

[http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/03\\_celula/01\\_basico/3\\_celula\\_04.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_04.htm)

agua con ácido sulfúrico. La construcción más frecuente de los electrodos es la placa plana. Cada placa positiva tiene un marco de plomo que contiene peróxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ). La placa negativa contiene plomo metálico ( $\text{Pb}$ ) esponjoso (Ver Figura N° 20).

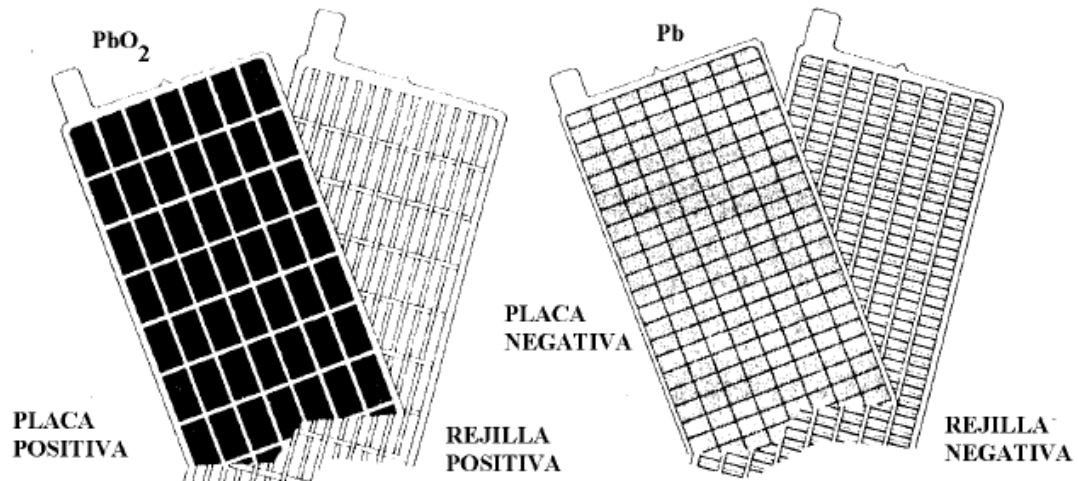


Figura N° 20: Placa positiva y negativa de una batería<sup>37</sup>

Con el fin de suministrar corrientes elevadas, cada celda consiste de numerosas placas positivas conectadas en paralelo al igual que placas negativas conectadas en paralelo. Las placas en cada celda están sumergidas en electrolito y un volumen igual de agua es la gravedad específica (SG). (Sarria, 2012)

Las razones por la que hay necesidad de utilizar un banco de baterías en un sistema fotovoltaico son:

Demanda de potencia en periodos sin sol.

Existen cargas que requieren altas corrientes de arranque (motores, compresores, etc.).

---

<sup>37</sup> (Sarria, 2012)

Demanda a voltaje constante.

Capacidad de almacenar energía generada en exceso a la demanda, reduciendo las pérdidas de energía.

Para utilizar una batería o un banco de baterías es necesario conocer<sup>38</sup>:

**Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperes-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga. Por ejemplo, una batería de 100Ah es capaz de suministrar 1A durante 100 horas.

**Eficiencia de carga:** es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la energía realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.

**Autodescarga:** es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse. La rapidez de la descarga depende de la temperatura ambiente y el tipo de batería.

**Profundidad de descarga:** es el valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, se tiene una batería de 100Ah y es sometida a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

---

<sup>38</sup> (Sarria, SIMULACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICO / BIOGÁS /PROPANO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER, 2012)

Las baterías solares permiten una profundidad de descarga máxima de 80%, cientos de veces, a niveles de corriente moderados y por ello estas baterías se le denominan baterías de ciclo profundo. Estas baterías dedicadas al uso de sistemas solares tienen electrodos cuya fabricación consta de una aleación de antimonio lo que permite adherir una gran cantidad de material activo. Las celdas con mayor cantidad de material activo tienen una más larga duración y profundidad de descarga, pero aumenta el coste y el peso de la batería.

**Máximo número de ciclos:** se considera que una batería de ciclo profundo ha completado todos los ciclos de carga y descarga cuando, al ser cargada nuevamente, la máxima energía que puede almacenar se reduce al 80% de su valor inicial. El número de ciclos de carga/descarga depende de la profundidad de descarga. Cuando ésta disminuye, el número de ciclos aumenta. Para una dada profundidad de descarga, la batería más robusta proporciona el mayor número de ciclos. (Sarria, 2012)

#### **2.2.4.5. Inversor**

Un convertidor es un dispositivo de pequeño o gran tamaño que se encarga de tomar la corriente directa que entra en él (normalmente de 12V, 24V, 48 V DC) y entregar a la carga corriente alterna (inversor) con la mayor eficiencia posible y viceversa, convierte la corriente alterna en corriente continua (cargador), por ejemplo, para cargar un banco de baterías. (Sarria, 2012)

Se emplea normalmente para el consumo en corriente alterna, a partir de la tensión continua, estos convertidores generan una onda de impulsos (cuadrada), y la filtran para eliminar los armónicos indeseados. Algunos proporcionan una onda sinusoidal pura, la mayoría de los modelos disponibles en el mercado son

de onda cuadrada y un gran número de equipos, aunque no todos, lo aceptan. (Sarria, 2012)

En general un convertidor (CC/AC) de onda sinusoidal pura tiene un rendimiento más bajo que uno de onda sinusoidal modificada. Es importante tener en cuenta que no todos los equipos aceptan una onda sinusoidal modificada y debe conocerse de antemano según los equipos que se desean instalar. (Sarria, 2012)

Normalmente, los convertidores ofrecidos en el mercado tienen una eficiencia que oscila entre el 75% y 91%, lo que significa que las pérdidas varían entre el 25% y el 9% de la potencia suministrada. Los convertidores que tienen grandes pérdidas corresponden a modelos de baja potencia. Además, los inversores deben soportar sobrecargas por algún tiempo. Cargas como una lavadora, una licuadora o un motor generan fuertes transitorios y el inversor debe soportarlos por el tiempo que puedan durar (entre 0,1s y 1min). El fabricante del equipo especifica cuánta potencia en régimen transitorio puede tolerar y durante cuánto tiempo. (Sarria, SIMULACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICO / BIOGÁS /PROPANO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER, 2012)

Un convertidor viene caracterizado principalmente por<sup>39</sup>:

**La tensión de entrada:** que se debe adaptar a la del generador (batería, panel solar, etc.), la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del

---

<sup>39</sup> (Sarria, 2012)



generador (potencia de entrada). Los inversores de control PWM senoidal suelen tener variaciones de tensión del orden del 5% en tanto que los inversores de onda cuadrada tienen variaciones del 10%.

**Baja distorsión armónica:** los inversores de onda cuadrada tienen una alta distorsión armónica y son válidos si la carga es completamente resistiva. Los inversores de onda senoidal modificada pueden alimentar algunos equipos ya que algunos son muy sensibles ante los cambios de forma de onda e interrupciones.

**La eficiencia del convertidor:** que varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla, sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado.

**Fiabilidad ante sobrecorrientes:** distinguir cuándo se debe al arranque de un motor (y tolerarla) y cuándo a un cortocircuito (y cortarla).

**Cargador de baterías:** incorpora la función opuesta, es decir, la posibilidad de cargar las baterías de un sistema en presencia de una fuente de corriente alterna (red, generador). A estos convertidores se les conoce con el nombre de inversor/cargador. Otra característica especial es la conmutación automática que es capaz de cambiar de una fuente de energía (red, baterías) de manera automática.

**Capacidad para funcionar en paralelo con otro generador:** en sistemas híbridos aislados el inversor debe ser capaz de funcionar en paralelo con un generador (Diésel, GLP, etc.) y sincronizar su onda de tensión.



Figura N° 21: Inversores para sistemas fotovoltaicos<sup>40</sup>

#### 2.2.4.6. Reguladores de carga

Es un aparato electrónico utilizado para evitar que se sobrecarguen las baterías. Los reguladores de carga pueden ser encontrados por separado o incorporados en los aparatos eléctricos.

Los reguladores de tensión son un componente principal en los sistemas fotovoltaicos; encargados de producir energía eléctrica a partir de la energía solar. (Cuenca Benitez, 2018)

Los reguladores de carga tienen la función de evitar las sobrecargas de las baterías. Una sobrecarga no sólo puede llevar a una disminución de la vida útil de una batería. Se corre el riesgo incluso de incendio o explosión. Además de proteger de potenciales sobrecargas, los reguladores de voltaje evitan que las baterías de ciclo profundo sufran una descarga excesiva.

Un regulador de carga, cuyo emplazamiento se indica con la letra B en la figura adjunta, es un equipo encargado de controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías.

<sup>40</sup> <https://www.dexen.mx/inversores/inversores-solares/>

Esto se logra mediante un corte automático de la corriente emanada desde las baterías o mediante la emisión de una señal visual o audible. (Cuenca Benitez, 2018)

En el caso de los sistemas fotovoltaicos, los arreglos, módulos y paneles solares pueden ser completa o parcialmente desconectados de las baterías, sin que éstas se vean perjudicadas. A medida que las baterías de ciclo profundo alcanzan el máximo nivel de carga, el regulador de carga va, gradualmente, desconectando el paso de la energía proveniente de las celdas solares.

El regulador de carga puede evitar que las baterías se descarguen completamente ya que puede significar un deterioro de la eficacia de funcionamiento de éstas.

El controlador de carga eléctrica también puede estar dotado de un voltímetro para monitorear el nivel de voltaje de la batería (parámetro que determina el nivel de carga que tiene) y de un amperímetro, el cual permite medir la corriente. Adicionalmente, los reguladores de tensión pueden tener incorporados fusibles o diferenciales que permitan centralizar las conexiones eléctricas de un sistema fotovoltaico. (Cuenca Benitez, 2018)



Figura N° 22: Controladores de carga<sup>41</sup>

**Reguladores MPPT o maximizado**<sup>42</sup>: La sigla MPPT (Maximum Power Point Tracking ) significa: seguidor del punto de potencia máxima. El “punto” al que se hace mención es el que corresponde a los valores óptimos para el voltaje y corriente de salida que **proporcionan la máxima potencia de salida**. Este tipo de control incorpora un limitador de corriente, para no sobrepasar la corriente máxima tolerada por las baterías cuando la potencia de entrada sube transitoriamente. Un regulador MPPT modula el voltaje del panel y lo adapta a las características de las baterías conectadas. **Son los reguladores usados hoy en día** en casi todas las ISFTV. Son más caros que los que veremos a continuación pero consiguen una aumento de la producción energética de un 30% respecto a los PWM.

<sup>41</sup> <http://luminasol.com.mx/controlador-de-carga-solar/>

<sup>42</sup> <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>

**Reguladores PWM o convencional**<sup>43</sup>: También llamados Todo o Nada. Fueron los primeros reguladores de carga que aparecieron en el mercado y realizaban el control de carga de la batería según un sistema “todo-nada” mediante la conmutación de elementos electromecánicos (relés), y se les podría denominar reguladores de una etapa. **El regulador permitía el paso de toda la corriente disponible en el generador fotovoltaico (FV) hasta que la tensión en la batería alcanzaba un valor predeterminado** (más o menos a 14,5 V se considera llena). Llegado a este valor se interrumpía el paso de la corriente. Para valores menores de 12V en la batería volvía a establecer el paso de toda la corriente a las baterías desde los generadores FV. Los controladores de carga PWM son menos costosos (que MPPT) y son una solución ideal para sistemas fotovoltaicos más pequeños donde el precio puede ser un punto crítico o donde la eficiencia máxima y la potencia adicional no son realmente necesarias.



Figura N° 23: reguladores de carga PWM y MPPT<sup>44</sup>

<sup>43</sup> <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>

<sup>44</sup> <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/diferencia-entre-controlador-de-carga-pwm-y-mppt/>

### 2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

**Biocombustible:** Todo combustible –sólido, líquido o gaseoso– producido a partir de la biomasa.

**Biomasa:** Materia orgánica que se encuentra tanto encima como debajo del suelo, y tanto viva como muerta; por ejemplo, árboles, cultivos, hierbas, hojarasca y raíces.

**Biodigestor:** Toman su término de digestivo o digestión, son máquinas simples que convierten las materias primas en subproductos aprovechables, en este caso gas metano y abono, comúnmente se los denomina **Biodigestores**.

**Combustible fósil:** Fuente de energía no renovable producida por los restos de organismos vivientes que se constituyen bajo el suelo o en el curso de períodos geológicos, pudiendo adoptar una forma líquida (aceite), sólida (carbón, turba) o gaseosa (gas natural).

**Gases de efecto invernadero:** Compuestos químicos presentes en la atmósfera que bloquean la radiación solar y el calor.

**Módulo o módulo solar fotovoltaico:** Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

**Potencia eléctrica:** Capacidad de los aparatos eléctricos para producir trabajo (la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo). La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (kW) o el megawatt (MW).

**Célula solar o fotovoltaica:** Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

**Radiación solar:** Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

**Irradiancia:** Densidad de potencia incidente en una superficie o a energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en  $\text{kW/m}^2$

**Irradiación:** Energía incidente por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en  $\text{kWh/m}^2$ .

**Instalación fotovoltaica:** Aquella que se disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

**Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:** Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa concesionaria de energía eléctrica.

**Panel fotovoltaico:** Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

**Arreglo solar:** Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados.

**Caja de conexión:** Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.

**Carga:** Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que esta ópera.

**Condiciones de prueba estándar:** Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio ( $1 \text{ kWh/m}^2$  de radiación solar,  $25^\circ\text{C}$  de

temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1,5).

**Conexión en paralelo:** Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.

**Conexión en serie:** Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.

**Conductor eléctrico:** Todo material capaz de conducir la corriente eléctrica. Para transportar la energía eléctrica se utilizan “hilos” fabricados generalmente de cobre o aluminio.

**Consumo eléctrico:** Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

**Constante solar:** Cantidad de energía solar que incide sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$  por segundo, cuando ésta se halla en el tope de la atmósfera a la distancia media sol-tierra. Su valor es aproximadamente  $1,36 \text{ kW/m}^2$ .

**Corriente continua:** La corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

**Corriente de corto circuito:** Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.



**Corriente de máxima potencia:** Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.

**Cortocircuito:** Conexión accidental de dos conductores de distinta fase, o de éstos con el neutro.

**Curva I-V:** Característica Intensidad vs. Voltaje tomada bajo condiciones determinadas de radiación. Es la información esencial para caracterizar a los módulos fotovoltaicos.

**Eficiencia de la celda:** Relación entre la potencia que entrega una celda solar (expuesta a pleno sol) a la potencia solar incidente sobre ella.

**Horas de sol pico:** Número equivalente de horas a 1 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

**Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Masa de aire:** Medida de la distancia que atraviesa la luz en la atmósfera en su trayectoria hacia la superficie terrestre.

**Megawatt:** Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W)

**Módulo o módulo solar fotovoltaico:** Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.

**NOCT** (Nominal Operation Cell Temperature): Es la temperatura que alcanza la celda cuando ésta se expone a 800 W/m<sup>2</sup> de radiación en un ambiente con aire a 20°C de temperatura y circulando a una velocidad de 1 m/s, cuando la celda está en circuito abierto.

**Punto de máxima potencia:** Punto de la curva I-V en donde el producto  $I * V$  (potencia) tiene su valor máximo.

**Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

**Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

**Watt pico:** Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C y 1,5 de masa de aire).

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**El tipo de investigación es Aplicada:** Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad<sup>45</sup>. Aplicaremos los conocimientos acerca de sistemas fotovoltaicos y biomasa para suministrar energía eléctrica en el caserío el Pancal Sector I ubicado en el distrito de Picsi, perteneciente al departamento de Lambayeque.

### 3.2. Población y muestra

**La Población** está conformada por las 28 unidades de vivienda y el local comunal.

**La Muestra** está conformada por las 28 unidades de vivienda y el local comunal.

### 3.3. Hipótesis

Si aprovechamos el estiércol de ganado vacuno y la energía solar fotovoltaica entonces podremos suministrar energía eléctrica al caserío Pancal sector I ubicado en el departamento de Lambayeque.

---

<sup>45</sup> <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

### 3.4. Operacionalización de variables

Tabla N° 4: Operacionalización de variables<sup>46</sup>

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
<p><b><u>Variable independiente</u></b></p> <p>Energía solar y biomasa</p>	<p><b>La energía solar</b> es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía<sup>47</sup>.</p> <p><b>La biomasa</b> es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente<sup>48</sup></p>	<p>Dimensionamiento del sistema solar-biomasa.</p>	<p>Irradiación solar (kWh/m<sup>2</sup>/día)</p> <p>Selección de equipos del sistema fotovoltaico.</p> <p>Cuantificar (kg) la cantidad de estiércol.</p> <p>Dimensionamiento del biodigestor (m<sup>3</sup>)</p>
<p><b><u>Variable dependiente</u></b></p> <p>Energía eléctrica</p>	<p>La energía eléctrica es la forma de energía que resultará de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctrica entre ambos puntos si se los coloca en contacto por intermedio de un conductor eléctrico para obtener el trabajo mencionado<sup>49</sup>.</p>	<p>Calcular la energía promedio diaria, la tensión de salida</p>	<p>Tensión de suministro (V)</p> <p>Energía promedio diaria. (W.h)</p> <p>Potencia (W)</p>

<sup>46</sup> Elaboración propia

<sup>47</sup> <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar/que-es-la-energia-solar>

<sup>48</sup> <http://www.plantasdebiomasa.net/que-es-la-biomasa.html>

<sup>49</sup> <https://www.definicionabc.com/tecnologia/energia-electrica.php>

### 3.5. Métodos y Técnicas de investigación

#### **Método de investigación**

El método deductivo<sup>50</sup>: Se entiende por método deductivo aquel que inicia o parte de los datos generales, los cuales son válidos, con el fin de llegar a una conclusión en forma particular. De acuerdo con lo anterior entonces utilizaremos teorías generales de los sistemas de producción de energía eléctrica utilizando la energía solar y la biomasa para aplicarlo a una situación particular.

#### **Las técnicas de investigación empleadas son las siguientes:**

##### **a) Observación:**

Que consistió en observar y registrar al detalle las características eléctricas de las cargas existentes; estos datos fueron registrados por el investigador.

##### **b) La Entrevista**

La entrevista<sup>51</sup>, es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesto. De acuerdo con esta idea se entrevistará al propietario de las viviendas del caserío Pancal Sector I con la finalidad de conocer las cargas existentes y además las cargas que podría utilizar al implementarse el sistema solar biomasa.

---

<sup>50</sup> <https://tiposdeinvestigacion.org/deductivo/>

<sup>51</sup> <http://manuelgalan.blogspot.com/2009/05/la-entrevista-en-investigacion.html>

### c) El análisis documental

El Análisis Documental<sup>52</sup> nos permite realizar **búsquedas retrospectivas y recuperar el documento** que necesitamos cuando lo necesitamos. Por lo tanto, podemos decir que el Análisis Documental va unido a la Recuperación de Información. Esta técnica la utilizaremos para recuperar información sobre sistemas con biomasa y sistemas fotovoltaicos que servirán de base a la elaboración del marco teórico.

### 3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

**Los instrumentos utilizados** en el presente trabajo de investigación; son distintos para cada una de las variables como las etapas del trabajo efectuado.

**En la técnica de la observación:** Se utilizó como instrumento un lapicero y un cuaderno de apuntes, además utilizaremos una cámara fotográfica con la finalidad de registrar la situación problemática y evidenciar la presencia del investigador en el lugar donde se desarrollará la investigación.

**En la técnica del análisis documental:** Se han revisado, tesis, libros, páginas web, videos, artículos relacionados con la investigación.

**En la técnica de la entrevista se usó un cuaderno y lapicero:** La entrevista, es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesto. Se considera que este método es

---

<sup>52</sup> <https://archivisticafacil.wordpress.com/2015/03/02/que-es-el-analisis-documental/>

más eficaz que el cuestionario, ya que permite obtener una información más completa.



Figura N° 24: Entrevistando a la señora Manuela Chero Nizama en el caserío Pancal<sup>53</sup> Sector I.

A través de ella el investigador puede explicar el propósito del estudio y especificar claramente la información que necesite; si hay interpretación errónea de las preguntas permite aclararla, asegurando una mejor respuesta<sup>54</sup>.

---

<sup>53</sup> Elaboración propia

<sup>54</sup> <http://manuelgalan.blogspot.com/2009/05/la-entrevista-en-investigacion.html>



Figura N° 25: Con el teniente gobernador de Pancal<sup>55</sup> Sr. Daniel Chero Sánchez.

### **3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos**

La información obtenida de la observación y la entrevista además de los datos de irradiación solar fueron procesados para poder dimensionar y seleccionar los equipos de sistema biomasa fotovoltaicos, los resultados se han organizado en tablas y gráficas de barras utilizando el MS Excel 2019, los planos se elaborarán en AutoCAD.

---

<sup>55</sup> Elaboración propia



## CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Propuesta de la investigación

Debido a la problemática existente en el caserío Pancal sector I ubicado en el departamento de Lambayeque, se propone el uso del estiércol de ganado vacuno (biomasa) para producir biogás el cual será el combustible para un grupo electrógeno y que junto con un sistema fotovoltaico logren suministrar energía eléctrica a la carga.

Para lo cual se propone el siguiente equipamiento:

**a) Biodigestor:** Cuyo volumen será lo suficiente para depositar la carga diaria en los días de retención. El tipo de biodigestor será de cúpula fija debido a que estos tienen una vida útil de 20 años al igual que los paneles solares.

**b) Grupo electrógeno a biogás:** Con la potencia necesaria para poder suministrar y complementar la energía eléctrica proporcionada por el generador fotovoltaico.

**c) Sistema fotovoltaico:** Que estará formado por un conjunto de paneles fotovoltaicos, se tendrá en cuenta una marca reconocida y la potencia que sea comercializables es decir fácil de poder adquirirlo. El número de paneles fotovoltaicos y potencia del panel fotovoltaico se determinará en función de la energía promedio diaria considerando el mes critico es decir el de menor irradiación solar. Los controladores serán de marca reconocida con la capacidad de corriente eléctrica y potencia suficiente, teniendo en cuenta posibles sobrecargas. Con respecto baterías el número de ellas se calculará

teniendo en cuenta 2 días de autonomía, con una profundidad de descarga del 80%. El inversor de potencia suficiente para poder transportar a energía de sistema fotovoltaico y entregarla al usuario a **220 V** y a una frecuencia de 60 Hz.

**e) Red de distribución eléctrica**

Con la red de distribución se transportará la energía eléctrica generada a cada uno de las viviendas y así lograr su aprovechamiento por parte de los habitantes.

## CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Demanda de energía eléctrica promedio diario proyectada en el caserío Pancel Sector I.

#### 5.1.1. Proyección de las viviendas

Con la finalidad de proyectar el número de viviendas se tendrá en cuenta la tasa de crecimiento poblacional del distrito de Picsi, el cual se ha calculado considerando los censos realizados por el INEI y que se presentan los resultados a continuación.

Tabla N° 5: Resultados de población del distrito de Picsi<sup>56</sup> según el censo 2005



CENSOS NACIONALES 2005 X DE POBLACIÓN Y V DE VIVIENDA				
SISTEMA DE CONSULTA DE DATOS BASE DE DATOS				
PRESENTACIÓN				
Variables de Población				
Sexo				
Total	10,302	100.00	100.00	
AREA # 140111 PICSÍ				
Categorías	Casos	%	Acumulado %	
Hombre	4,530	54.28	54.28	
Mujer	3,816	45.72	100.00	
Total	8,346	100.00	100.00	

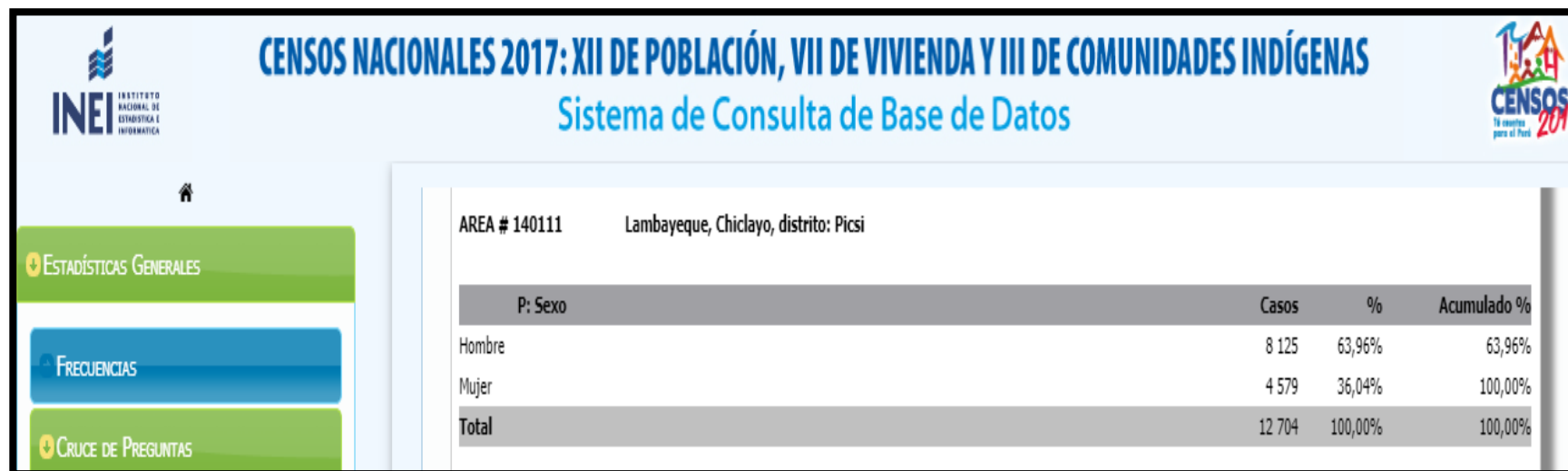
<sup>56</sup> <http://censos.inei.gob.pe/Censos2005/redatam/#>

Tabla N° 6: Resultados del censo de población del distrito de Picsi<sup>57</sup> según el censo 2007

CENSOS NACIONALES 2007			
XI DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA			
SISTEMA DE CONSULTA DE DATOS			
BASE DE DATOS			
PRESENTACIÓN			
Preguntas de Población			
P: Según Sexo			
Total	9,954	100.00	100.00
AREA # 140111	Dpto. Lambayeque Prov. Chiclayo Dist. Picsi		
Categorías	Casos	%	Acumulado %
Hombre	5,019	56.13	56.13
Mujer	3,923	43.87	100.00
Total	8,942	100.00	100.00

<sup>57</sup> <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/>

Tabla N° 7: Resultados del censo de población<sup>58</sup> del año 2017



INEI INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

**CENSOS NACIONALES 2017: XII DE POBLACIÓN, VII DE VIVIENDA Y III DE COMUNIDADES INDÍGENAS**  
Sistema de Consulta de Base de Datos

AREA # 140111 Lambayeque, Chiclayo, distrito: Picsi

P: Sexo	Casos	%	Acumulado %
Hombre	8 125	63,96%	63,96%
Mujer	4 579	36,04%	100,00%
<b>Total</b>	<b>12 704</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

<sup>58</sup> <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

De los censos anteriores se elaboró la siguiente tabla.

Tabla N° 8: Tasa de crecimiento para el distrito de Picsi<sup>59</sup>

<b>Censo</b>	<b>Población</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>
2005	8,346	
2007	8,942	3,51 %
2017	12,704	3,57 %
<b>Promedio</b>		<b>3,54 %</b>

las tasas de crecimiento poblacional se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$i = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} - 1 \dots (1)$$

Donde

Po: Población inicial

Pf: Población después de n años

De la Tabla N° 9 la tasa de crecimiento poblacional para el distrito de Picsi es de 3,54 % ; el cual lo consideraremos como la tasa de crecimiento para el caserío Pancal Sector I y la proyección de población y vivienda se muestra a continuación.

---

<sup>59</sup> Fuente: elaboración propia del autor

Tabla N° 9: Proyección de población y vivienda para el caserío El Puncal Sector I<sup>60</sup>

Ítem	Año	Población	Vivienda
0	2019	66	28
1	2020	69	30
2	2021	71	31
3	2022	74	32
4	2023	76	33
5	2024	79	34
6	2025	82	35
7	2026	85	37
8	2027	88	38
9	2028	91	39
10	2029	94	40
11	2030	97	42
12	2031	101	43
13	2032	104	45
14	2033	108	46
15	2034	112	48
16	2035	116	50
17	2036	120	51
18	2037	124	53
19	2038	128	55
20	2039	133	57

De la Tabla N° 10 el número de unidades de vivienda proyectado es de 57.

---

<sup>60</sup> Elaboración a partir de los datos del INEI

### 5.1.2. Demanda de energía eléctrica para vivienda

Tabla N° 10: Energía para vivienda en el caserío Pancal Sector I<sup>61</sup>

Artefactos eléctricos	Cant. De artefactos	Potencia Eléctrica (W)	Potencia total (W)	Horas de consumo diario (h)	Consumo diario (W.h/día)
Televisor	1	60	60	3	180
Radio	1	20	20	6	120
Computadora portátil	1	65	65	3	195
Lámparas	4	8	32	3	96
Cargador de celular	1	10	10	2	20
<b>Sub total</b>			<b>187</b>		<b>611</b>

Tabla N° 11: Demanda de energía para el local comunal<sup>62</sup>

Artefactos eléctricos	Cant. de artefactos	Potencia Eléctrica (W)	Potencia total (W)	Horas de consumo diario (h)	Consumo diario (W.h/día)
Televisor	1	60	60	3	180
Equipo de sonido	1	300	300	3	900
Lámparas	3	8	24	3	72
Cargador de celular	1	10	10	2	20
<b>Sub total</b>			<b>394</b>		<b>1 172</b>

<sup>61</sup> Elaborado a partir de las entrevistas

<sup>62</sup> Elaborado a partir de las entrevistas





Figura N° 26: Local comunal del caserío Pancal<sup>63</sup> sector I

Tabla N° 12: Demanda de energía<sup>64</sup> en el caserío Pancal Sector I

Descripción	Unid.	Consumo diario (W.h/día)	Consumo Total (W.h/día)	Potencia (W)	Potencia total (W)
Viviendas	57	611	34 827	187	10 659
Local comunal	1	1 172	1 172	394	394
Alumbrado publico	1	240	240	60	60
TOTAL			36 239		11 113

De la Tabla N° 13 se ha obtenido que la demanda de energía del caserío Pancal sector I es de 36 239 W.h, la potencia instalada es de 11 113 W.

<sup>63</sup> Elaboración propia

<sup>64</sup> Elaboración propia

## 5.2. Evaluación de las energía solar y biomasa

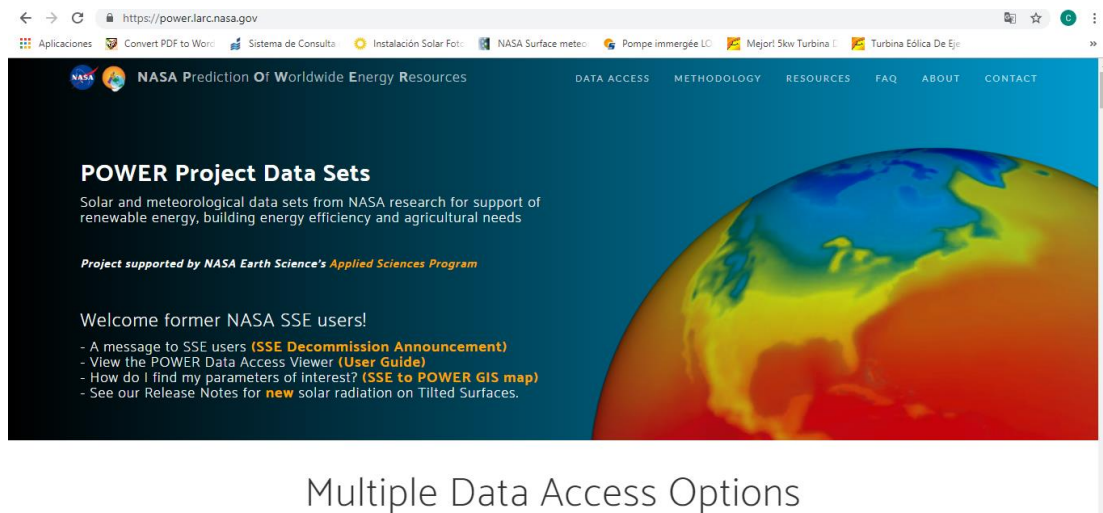
### 5.2.1. Energía solar

Para evaluar la energía solar se ha considerado los datos del atlas solar del Perú, y la NASA que se muestran a continuación:

#### Página de la NASA

Los datos de irradiación solar de la NASA incluyen estimaciones en un periodo largo de tiempo de cantidades meteorológicas y energía solar en la superficie de la tierra. La base de datos basados en imágenes satelitales ha mostrado ser lo suficientemente precisa para proporcionar datos de radiación solar confiables en regiones en las cuales las mediciones en superficies son muy dispersas o no existen<sup>65</sup>

Consultando para ello ingresamos al siguiente link:  
<https://power.larc.nasa.gov/> tal como se muestra en la siguiente figura.



Multiple Data Access Options

Figura N° 27: Ingreso a la página web de la NASA<sup>66</sup>

<sup>65</sup> <https://pdfs.semanticscholar.org/ebae/93af937e8d577b856496eed58e2b99c76ddb.pdf>

<sup>66</sup> <https://power.larc.nasa.gov/>

Ingresamos a DATA ACCES y seleccionamos POWER DATA ACCES VIEWER e ingresamos los datos de latitud y longitud del caserío Pancal Sector I.

Tabla N° 13: Ubicación geográfica del Caserío Pancal<sup>67</sup> Sector I

Ubicación geográfica caserío Pancal Sector I	
Latitud	-6.68448
Longitud	-79.844849

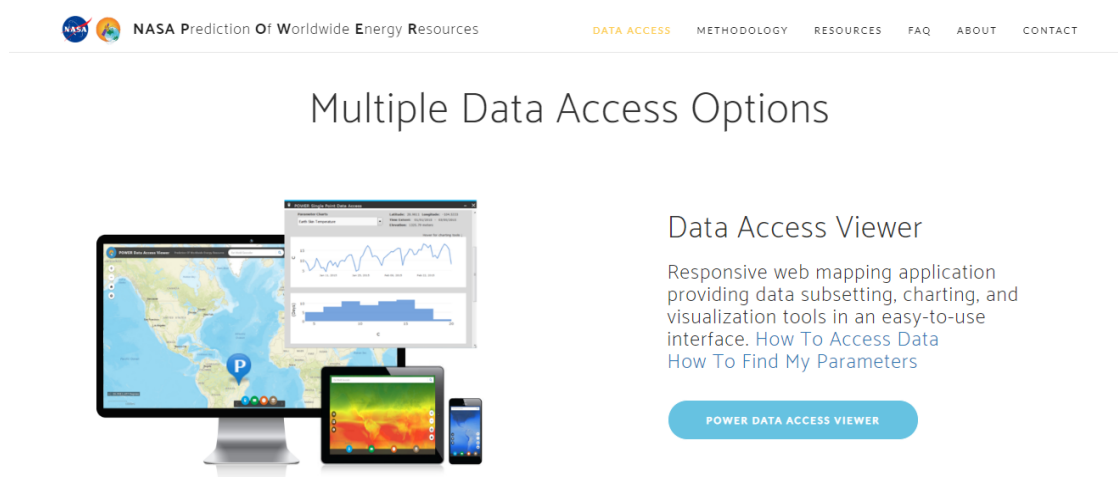


Figura N° 28: Ingreso a Múltiple Data Access<sup>68</sup>

<sup>67</sup> <http://www.padeepro.com/converterutm.html>

<sup>68</sup> <https://power.larc.nasa.gov/>

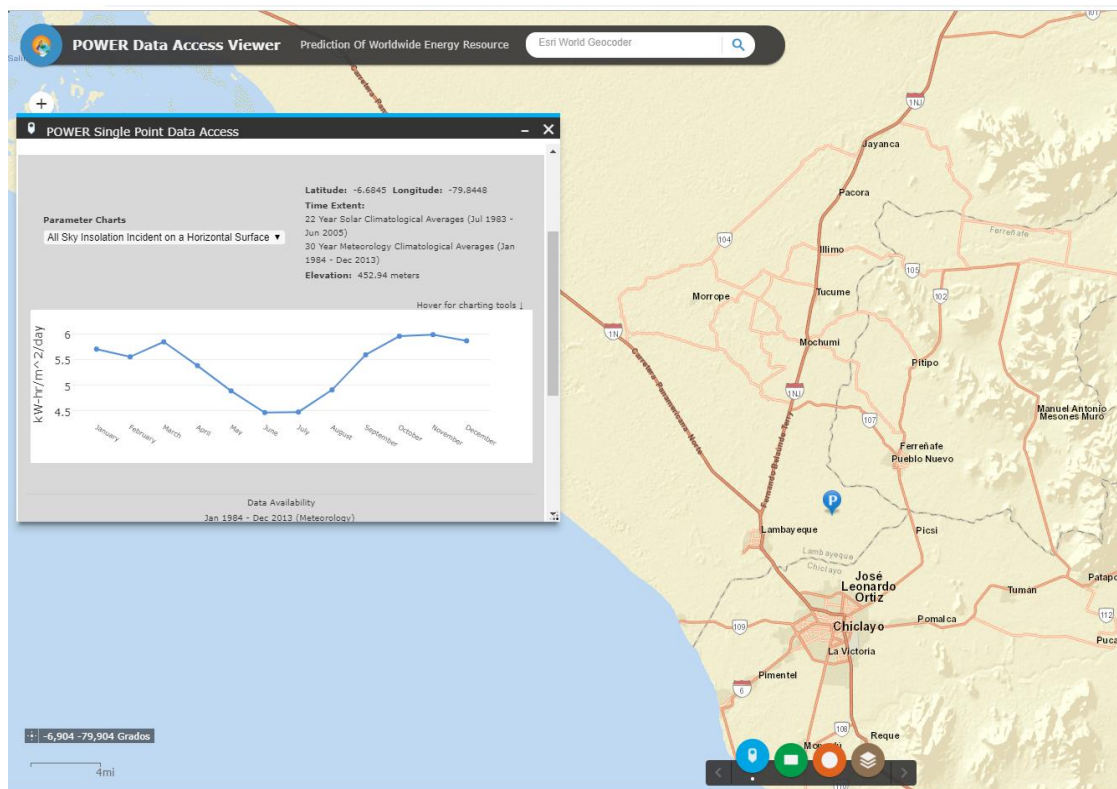


Figura N° 29: Resultados de la página de la NASA<sup>69</sup>

Tabla N° 14: Data de irradiación solar de la NASA en el caserío Pancal Sector I<sup>70</sup>

Mes	Irradiación Solar ( $\text{kWh/m}^2/\text{día}$ )
Enero	5,70
febrero	5,55
Marzo	5,84
Abril	5,38
Mayo	4,89
Junio	4,47
Julio	4,48
Agosto	4,91
Septiembre	5,59
Octubre	5,95
Noviembre	5,98
Diciembre	5,86

<sup>69</sup> <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

<sup>70</sup>

[https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER\\_SinglePoint\\_Climatology\\_06d53S\\_78d90W\\_9a25c335.txt](https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Climatology_06d53S_78d90W_9a25c335.txt)

**Atlas de energía solar del Perú**<sup>71</sup>, la Irradiación es variable y se encuentra entre los valores de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día y 5 kWh/m<sup>2</sup>/día , consideramos el valor promedio de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Observamos que los datos de ambas fuentes concuerdan. El menor valor de irradiación en el caserío Pancal sector I es de 4,47 kWh/m<sup>2</sup>/día.

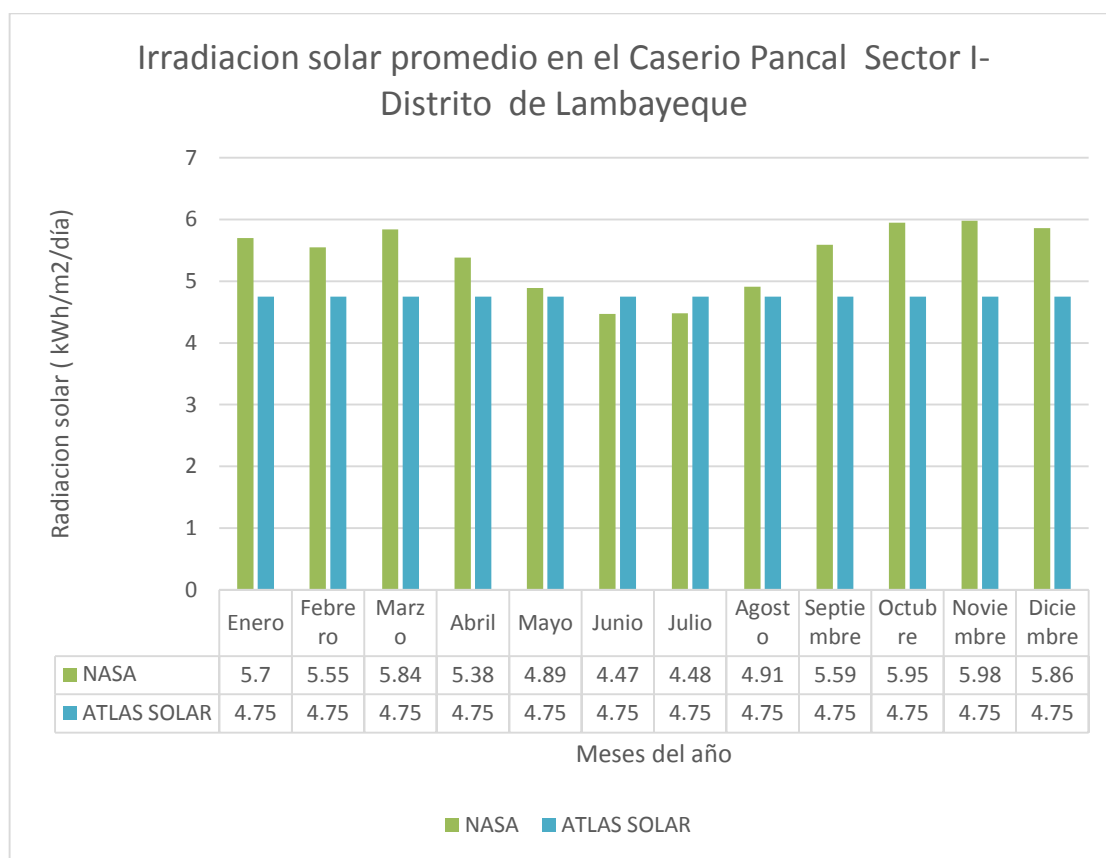


Figura N° 30: Irradiación solar<sup>72</sup> en el caserío Pancal Sector I

<sup>71</sup> <https://deltavolt.pe/phocadownload/Lambayeque.jpg>

<sup>72</sup> Elaborado a partir de los datos de las dos fuentes

### 5.2.2. Evaluación de la biomasa

Se cuantifico el número de cabezas de ganado tal como se muestra en la siguiente Tabla N° 16.

Tabla N° 15: Ganado vacuno en el caserío Pancal sector I<sup>73</sup>

Tamaño	N° Animales
Grande (vacas)	29
Mediano (toros)	8
Pequeño(vaquillonas)	6
<b>Total</b>	<b>43</b>



Figura N° 31: Ganado vacuno en el caserío Pancal<sup>74</sup> Sector I

En base a la Tabla N° 16 se calculó la cantidad de biogás que se puede y para ello se ha considerado los resultados de la investigación de (Chonlon Velicoso, 2016) .

<sup>73</sup> Fuente: elaboración propia

<sup>74</sup> Elaboración propia



Tabla N° 16: Índices para determinar la producción de biogás a partir del peso y características de la biomasa

	EXCRETA HÚMEDA DIARIA (KG/ANIMAL)	BIOGÁS (M <sup>3</sup> /DÍA)	PROPORCIÓN EXCRETA-AGUA	TIEMPO DE RETENCIÓN ACONSEJABLE (DÍA)
VACA	10	0,360	1:1	40
TORO	15	0,540	1:1	40
CERDO (50 KG)	2,25	0,101	1:1-3	40
POLLO	0,18	0,108	1:1-8	30
CABALLO	10	0,300	1:1-3	30
CARNERO	2	0,100	1:1-3	40
TERNERO	5	0,200	1:1	40
PERSONA ADULTA	0,40	0,025	1:1	60
CACHAZA	0,035 kg/kg	0,100	1:4	30
RESIDUAL DE MATADERO	(1 m <sup>3</sup> biogás/25 kg de residuos)			40
RESIDUAL DE DESTILERÍA	(15 m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> de residuos)			40
RESIDUAL DE LEVADURA	(4 m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> de residuos)			40
LÍQUIDO DEL CAFÉ	(5 m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> de residuos)			40
CÁSCARA DE CAFÉ	(0,1 m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> de residuos)			50
CÁSCARA DE CAFÉ	(0,4 m <sup>3</sup> biogás/25 kg de materia sea)			60

Con respecto a la producción de biogás por kilogramo de estiércol se ha considerado el menor valor entre la investigación de (Chonlon Velicoso, 2016) y la tabla N° 17 de índices para la producción de biogás de (Guardado Chacon, 2006). De la Tabla N° 17 se observa que la cantidad de biogás producido al día es de 0,36 m<sup>3</sup>/día; pero además se observa que la cantidad de estiércol en un día es de 10 kg en promedio entonces:

$$\text{Producción de biogás} = \left( 0,36 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{día}} \right) \times \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ kg de estiércol}}$$

$$\text{Producción de biogás} = 0,036 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogás}}{\text{kg de estiercol}}$$

De los resultados de las mediciones en el caserío Pancal Sector I y con el factor de producción de biogás por kg de estiércol, se elaboró la siguiente Tabla

Tabla N° 17: Producción de biogás diaria a partir del estiércol del ganado vacuno<sup>75</sup>

Tamaño de vacunos	Cantidad de excreta (kg/día)	Cantidad de animales	Total de estiércol (kg)	Producción m <sup>3</sup> /kg de estiércol	Cantidad de biogás producido (m <sup>3</sup> )
Grande	12	29	348	0,036	12,53
Mediano	8	8	64	0,036	2,30
Pequeño	6	6	36	0,036	1,30
	<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>448</b>		<b>16,13</b>



Figura N° 32: Dormidero del ganado perteneciente a la Sra. Jabina Chero Nizama, en el caserío Pancal Sector<sup>76</sup> I

<sup>75</sup> Elaborado a partir de datos y resultados

<sup>76</sup> Elaboración propia





Figura N° 33: Pesando el estiércol de ganado vacuno en el caserío Pancal<sup>77</sup>

De la Tabla N° 18 la cantidad de biogás producido es de  $16,13 \text{ m}^3$ .

Según la tesis de (ROJAS ROMERO, 2019, pág. 85) Indica que se considera un aprovechamiento de biogás en un orden del 80 %, debido a que en la captación de este existen perdidas a igual que en la alimentación del motor de combustión. En base a lo anterior se considera un 70 % (porcentaje más conservador) que debe ser multiplicado por el volumen de biogás producido, obteniéndose  $11,29 \text{ m}^3$ .

Para determinar la energía eléctrica que se puede obtener utilizando un grupo electrógeno a biogás.

---

<sup>77</sup> Elaboración propia



Figura N° 34: Grupo electrógeno<sup>78</sup> a biogás de 3 kW

**Parámetros del producto:**

Gas adecuado: solo biogás

El consumo de Gas: 0,55 ~ ~ /kW h

Potencia: 220 V, 50Hz 110 V 60Hz

Potencia de funcionamiento: 1500 W/3000 W/5000 W

Requisitos generales de temperatura: -5 °C ~ 40 °C

Altitud General : ( 2000 m (puede causar problemas si el nivel de altitud es mayor a 2000 metros)

Dimensión: 620 × 460 × 470mm/set

Peso: 55 kg/set

HS código: 85022000

Figura N° 35: Parámetros de funcionamiento del grupo electrógeno<sup>79</sup>

De los datos del grupo electrógeno observamos que 0,55 m<sup>3</sup> de biogás producen 1 kW.h por lo que con 11,29 m<sup>3</sup> de biogás obtendremos 20,53 kW.h (56,65%) entonces la energía eléctrica que debe suministrar a la carga el sistema fotovoltaico es de 15,71 kW.h (43,35%); (la energía que se debe suministrar a la carga es de 36,24 kW.h)

<sup>78</sup> [https://spanish.alibaba.com/product-detail/1-5kw-3kw-methane-gas-generator-biogas-electric-generator-60296266887.html?spm=a2700.md\\_es\\_ES.maylikeexp.9.5ec515decKaX9X](https://spanish.alibaba.com/product-detail/1-5kw-3kw-methane-gas-generator-biogas-electric-generator-60296266887.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.5ec515decKaX9X)

<sup>79</sup> [https://spanish.alibaba.com/product-detail/1-5kw-3kw-methane-gas-generator-biogas-electric-generator-60296266887.html?spm=a2700.md\\_es\\_ES.maylikeexp.9.5ec515decKaX9X](https://spanish.alibaba.com/product-detail/1-5kw-3kw-methane-gas-generator-biogas-electric-generator-60296266887.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.9.5ec515decKaX9X)

### 5.3. Dimensionamiento del biodigestor

Se propone un biodigestor de cúpula fija debido a que su vida útil es de 20 años en comparación con el biodigestor tipo balón y el biodigestor campana flotante, y concuerda con la vida útil de los módulos fotovoltaicos.

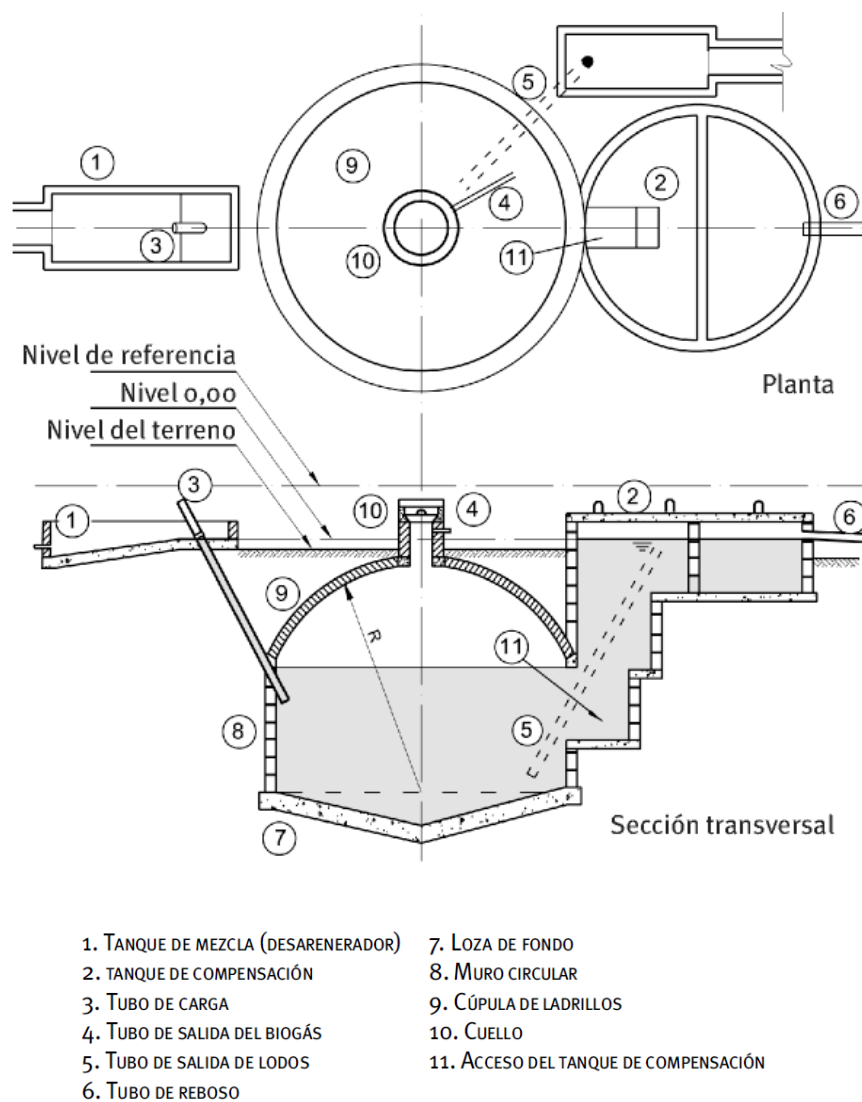


Figura N° 36: Biodigestor de cúpula fija<sup>80</sup>

<sup>80</sup> (Guardado Chacon, 2006)

Las ecuaciones fundamentales para el dimensionamiento del biodigestor de cúpula fija (caracterizado por sus tres partes : cónica) se muestran a continuación las cuales han sido extraídas de la obra “ Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas” (Guardado Chacon, 2006)

### **Dimensiones del biodigestor**

Los pasos que se deben seguir para su empleo son los siguientes:

1. Se calcula el volumen total ( $V_{total}$ ), sobre la base del volumen de la mezcla agua-estiércol y el tiempo de retención.
2. Se calcula el radio del volumen predefinido (R).

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_B}{1,121 \cdot \pi}} \dots (5)$$

3. Se calcula la unidad en metros ( $U = R/4$ ).

$$U = \frac{R(m)}{4} \dots (6)$$

4. Se determina el resto de las denominaciones.

Radio de la cúpula:  $R_c = 5xU \dots (7)$

Diámetro del cilindro:  $D = 8xU \dots (8)$

Altura de la cúpula  $h_c = 2xU \dots (9)$

Altura de la pared  $h_p = 3xU \dots (10)$

Altura del cono base  $h_t = 0,15xD \dots (11)$

Volúmenes parciales:

$$V1 = \text{Cilindro (m3)} = \pi * R^2 * h_p \dots (12)$$

$$V2 = \text{segmento esferico (m3)} = \frac{\pi * h_c}{6} (3 * R^2 + h_c^2) \dots (13)$$

$$V3 = \text{Cono base (m3)} = \pi * R^2 * \frac{h_t}{3} \dots (14)$$

Volumen del biodigestor:

$$V_B = R^3 . \pi . 1,121 = V_{tot} = V1 + V2 + V3 \dots (15)$$

Apoyados de una hoja de cálculo en Excel. Obtenemos lo siguiente:

Tabla N° 18: Dimensiones del biodigestor<sup>81</sup>

Radio de la cúpula (m)	Diámetro del cilindro (m)	Altura de la cúpula (m)	Altura de pared (m)	Altura del cono base (m)
2,682	4,291	1,073	1,609	0,644

Tabla N° 19: Calculo de volúmenes parciales<sup>82</sup>

Volumen del cilindro (m³)	Segmento esférico (m³)	Volumen del cono (m³)	Volumen total (m³)
23,26	8,40	3,10	34,80

<sup>81</sup> Elaboración propia

<sup>82</sup> Elaboración propia

### **Cálculo del volumen del tanque de compensación ( $V_{tc}$ )**

Según Guardado Chacon el volumen del tanque de compensación se considera igual al volumen del segmento esférico. (Guardado, 2006, p. 26)

Entonces:

$$V_{tc} = 8,40 \text{ m}^3$$

Además, considera que la altura del tanque de compensación se calcula con la siguiente ecuación

$$h_{total\ tc} = \frac{V_{tc}}{\pi R^2} + 0,2 = 0,781 \text{ m}$$

### **Cálculo del volumen del tanque de mezcla**

Según Chonlon (2017) el volumen del tanque de mezcla se calcula considerando el volumen de entrada diario del digestor, la suma del agua y el estiércol, sobredimensionando un 15%. Entonces tenemos lo siguiente:

$$V_{tm} = 1,15x(V_{estiercol} + V_{agua}) \dots (16)$$

$$V_{tm} = 1,15x1,16 \text{ m}^3 = 1,334 \text{ m}^3$$

$$R_{tm} = \sqrt{\frac{V_{tm}}{\pi \cdot h_{tc}}} = 0,737 \text{ m}$$

## 5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

### 5.4.1. Generador fotovoltaico

El sistema fotovoltaico suministrará 15,71 kW.h al día. El sistema fotovoltaico tiene pérdidas ya sea en los equipos y en los conductores eléctricos, considerando el texto Instalaciones solares fotovoltaicas de Agustín Castejón y German Santamaría el cual recomienda considerar un rendimiento global ( $F$ ) de: 0,6 (Castejon, 1998). Luego aplicando la siguiente ecuación:

$$P_{Generador} = \frac{Eds}{F \times HSP} \dots (17)$$

Donde:

$P_{Generador}$ : Potencia del generador fotovoltaico

$F$ : Rendimiento global del sistema fotovoltaico=0,6

$Eds$ : energía diaria suministrada

$$P_{Generador} = \frac{15\,710\,W \cdot h}{0,6 \times 4,47} = 5\,857,57\,Wp$$

Con la finalidad de determinar la potencia del módulo fotovoltaico se ha cotizado en internet<sup>83</sup> para módulos de diferentes potencias comerciales y de marcas recomendadas con el criterio de menor costo pero que cumplan con los requerimientos mínimos de potencia del generador fotovoltaico tal

---

<sup>83</sup> <https://autosolar.pe/paneles-solares> y <https://www.proviento.com.pe/panelesolares.html>

como se muestra en la siguiente Tabla N° 21 donde se ha aplicado las siguientes ecuaciones:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{\text{Potencia del generador fotovoltaico}}{\text{Potencia del panel propuesto}} \dots (18)$$

$$N_{\text{paneles en serie}} = V_{\text{del sistema CD}} / V_{\text{panel}} \dots (19)$$

$$N_{\text{ramas}} = N_{\text{modulos}} / N_{\text{paneles en serie}} \dots (20)$$

Tabla N° 20: Costo del generador fotovoltaico

Fabricante	Potencia (Wp)	Costo (S/.)	Tensión Nominal (V)	Paneles en Serie	Nº Ramas	Nº Módulos	costo total (S/.)	Potencia del generador fotovoltaico (kWp.)
ERA SOLAR	50	188,45	12	4	30	120	22614,00	6,00
ZONHAN	25	131,51	12	4	59	236	31036,36	5,90
SIMAX	50	131,51	12	4	30	120	15781,20	6,00
EGE-50P-36	50	295,89	12	4	30	120	35506,80	6,00
EGE-150P-35	150	394,52	12	4	10	40	15780,80	6,00
EGE-175P-36	175	460,28	12	4	9	36	16570,08	6,30
ERA SOLAR	50	188,45	12	4	30	120	22614,00	6,00
ERA SOLAR	100	330,4	12	4	15	60	19824,00	6,00
ERA SOLAR	200	506,04	12	4	8	32	16193,28	6,40
ERA SOLAR	270	661,48	24	2	12	24	15875,52	6,48
ERA SOLAR	320	783,97	24	2	10	20	15679,40	6,40
ERA SOLAR	360	885,00	24	2	9	18	15930,00	6,48
TALENSUN	325	860,42	24	2	10	20	17208,40	6,50
TAI Energy	20	122,92	12	4	74	296	36384,32	5,92
TAI Energy	80	305,03	12	4	19	76	23182,28	6,08
TAI Energy	100	426,11	12	4	15	60	25566,60	6,00
TAI Energy	150	571,93	12	4	10	40	22877,20	6,00
Jinko	270	745,69	24	2	11	22	16405,18	5,94
Waaree	200	752,12	24	2	15	30	22563,60	6,00
Jinko	325	848,23	24	2	10	20	16964,60	6,50
Csun	320	907,69	24	2	10	20	18153,80	6,40
TAI Energy	300	1143,87	24	2	10	20	22877,40	6,00

Fuente: Elaboración propia



De la Tabla N° 21 Seleccionamos el módulo fotovoltaico ERA SOLAR de 320 Wp, necesitamos 20 módulos fotovoltaicos y con una potencia de 6,40 kWp.

Tabla N° 21: Características eléctricas<sup>84</sup> del módulo fotovoltaico ERA SOLAR 320 Wp

ESPMC TYPE	300	305	310	315	320	325
Power Class	300W	305W	310W	315W	320W	325W
Max. Power Voltage ( $V_{mpp}$ )* at STC**	37V	37.15V	37.3V	37.5V	37.65V	37.8V
Max. Power Current ( $I_{mpp}$ ) at STC	8.1A	8.21A	8.31A	8.4A	8.5A	8.6A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	44.8V	44.95V	45.1V	45.3V	45.45V	45.6V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	8.7A	8.8A	8.9A	9A	9.1A	9.2A
Module Efficiency	15.5 %	15.7 %	16 %	16.2 %	16.5 %	16.8 %

\* MPP: Maximum Power Point

\*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

***Se seleccionó 20 módulos fotovoltaicos ERA SOLAR de 320 Wp***

#### 5.4.2. Cálculo y selección del controlador

La corriente eléctrica que circulará por el controlador es decisiva para la selección de este, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$I_{regulador}(A) = 1,25 \times I_{CC\text{módulo}} \times N_{ramas} \dots (21)$$

De la Tabla N° 21 observamos que la corriente de cortocircuito es de 9,10 A, reemplazando en la ecuación tenemos lo siguiente:

$$I_{regulador}(A) = 1,25 \times 9,10 \times 10 = 113,75 A$$

<sup>84</sup> <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-era-solar-320w-24v-policristalino>

Consideramos trabajar con fabricantes en la página de autosolar<sup>85</sup>, los resultados se muestran en la siguiente tabla, de donde se seleccionó el controlador VICTRON de 60 A

Tabla N° 22: Selección de controladores

Fabricante	I nominal (A)	Costo (S/.)	I requerido (A)	Nº Controladores	costo total (S/.)	I total (A)
VICTRON	35	1466,57	113,75	4	5866,28	140,00
ARTESA	50	1900,51	113,75	3	5701,53	150,00
VICTRON	45	2208,29	113,75	3	6624,87	135,00
VICTRON	60	2444,29	113,75	2	4888,58	120,00
VICTRON	45	2444,29	113,75	3	7332,87	135,00
OUTBACK	60	2582,73	113,75	2	5165,46	120,00
VICTRON	70	2697,14	113,75	2	5394,28	140,00
OUTBACK	80	2930,4	113,75	2	5860,80	160,00
ARTESA	80	2980,48	113,75	2	5960,96	160,00
MORNINGSTAR	60	3446,19	113,75	2	6892,38	120,00
VICTRON	85	3540,00	113,75	2	7080,00	170,00

Fuente: elaboración propia

Verificaremos los principales requisitos que debe cumplir el controlador

#### a) Por corriente eléctrica

La corriente eléctrica de los controladores es 120 A > 113,75 A

#### b) Por tensión máxima del regulador

La tensión máxima del regulador debe ser como mínimo 1,1 veces la tensión en vacío del generador fotovoltaico<sup>86</sup>

$$V_{max} = 1,1 \cdot V_{circabierto} \dots (22)$$

Donde:

<sup>85</sup> <https://autosolar.pe/controladores-de-carga/controlador-de-carga-48v>

<sup>86</sup> Fuente especificada no válida.

$V_{max}$ : Tensión máxima del regulador (V)

$V_{circabierto}$ : Tensión a circuito abierto del generador fotovoltaico

Reemplazando se tiene:

$$V_{max} = 1,1 \cdot (2 \times 45,45)V = 99,99 V < 150 V$$

**c) Por potencia:** La potencia del controlador a 48 V según la Tabla N° 24 es de 3 440 W.

A cada controlador se le va a conectar 10 módulos fotovoltaicos paneles por lo tanto la potencia del conjunto de módulos fotovoltaicos conectados a cada regulador es de:

$$10 \times 320 = 3\,200 \text{ W} < 3\,440 \text{ W}, (\text{Ok}).$$



Figura N° 37: Controlador<sup>87</sup> VICTRON ENERGY 150/60

<sup>87</sup> [https://autosolar.pe/pdf/MPPT-150V-45A\\_a\\_150V-100A.pdf](https://autosolar.pe/pdf/MPPT-150V-45A_a_150V-100A.pdf)

Tabla N° 23: Características del controlador<sup>88</sup> 150/60

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1430W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad Inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

***Se seleccionó 02 controladores VICTRON ENERGY de 150/60***

#### 5.4.3. Cálculo y selección del banco de baterías

Para dimensionar el sistema acumulador hay que considerar los parámetros de la batería, así como también las condiciones de funcionamiento del sistema. Utilizaremos la siguiente ecuación<sup>89</sup>:

$$C_n = 1,1x (A x E_{ds}) / (P_{Dmax} x V_n) \dots (23)$$

Donde:

$C_n$  = Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

$A$  = Número de días de autonomía =2.

<sup>88</sup> [https://autosolar.pe/pdf/MPPT-150V-45A\\_a\\_150V-100A.pdf](https://autosolar.pe/pdf/MPPT-150V-45A_a_150V-100A.pdf)

<sup>89</sup> (Agustin Castejon, pág. 139)

$P_{Dmax}$  = Profundidad de descarga de la batería =0,7.

$V_n$  = Tensión de trabajo.

Tabla N° 24: Tensiones de trabajo recomendadas<sup>90</sup>

Potencia demandada por el sistema (W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (Volts.)
Menos de 1.500W	12V
Entre 1.500W y 5.000W	24- 48V
Más de 5.000W	120-300V

En base a la Tabla N° 25 la tensión de trabajo es de 48 V

$$C_n = \frac{1,1 \times (2 \times 15\,710)}{0,7 \times 48} = 1\,028,63 \text{ A.h}$$

El número de baterías conectadas en serie se obtiene con la siguiente ecuación

$$N_{baterias\ serie} = \frac{V_n}{V_{n\,bateria}} \dots (24)$$

Para el cálculo del número de ramas de baterías usaremos la siguiente ecuación:

$$N_{ramas.} = C_n / C_{bat.} \dots (25)$$

Aplicando estas ecuaciones obtuvimos los siguientes resultados para diferentes marcas de baterías y capacidades:

---

<sup>90</sup> <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

Tabla N° 25: Selección del banco de baterías<sup>91</sup>

Fabricante	Capacidad (A.h)	Costo (S/.)	Capacidad requerida (A)	Tensión nominal (V)	N° bat serie	N° ramas	N° Total de baterías	costo total (S/.)	Capacidad del banco (A)
Formula star FS 70	66	389,49	1029,29	12	4	16	64	24927,36	1056,00
Formula star	260	1095,59	1029,29	12	4	4	16	17529,44	1040,00
RITAR	150	951,08	1029,29	12	4	7	28	26630,24	4200,00
RITAR	70	492,86	1029,29	12	4	15	60	29571,60	4200,00
RITAR	100	631,76	1029,29	12	4	11	44	27797,44	4400,00
RITAR	200	1393,06	1029,29	12	4	6	24	33433,44	4800,00
RITAR	260	1540,28	1029,29	12	4	4	16	24644,48	4160,00
UPOWER	250	1341,03	1029,29	6	8	5	40	53641,20	10000,00
UPOWER	165	780,49	1029,29	12	4	7	28	21853,72	4620,00
UPOWER	260	1454,55	1029,29	12	4	4	16	23272,80	4160,00

<sup>91</sup> Elaboración propia

De donde se propone el uso de baterías FORMULA STAR de 260 A.h de capacidad en base a la Tabla N° 26 (ANEXO 03)



Figura N° 38: Batería FORMULA STAR<sup>92</sup> de 260 Ah

### Verificación de la Capacidad del banco de baterías

La capacidad del banco de baterías debe cumplir la siguiente condición<sup>93</sup>

$$C_n < 25 \cdot I_{CC-GENERADOR FOTOVOLTAICO} \dots (26)$$

Reemplazando tenemos

$$C_n < 25 \cdot (10 \times 9,10) = 2\,275 \text{ A.h (OK)}$$

***Se seleccionó 16 baterías FORMULA STAR de 260 A.h***

<sup>92</sup> <https://autosolar.pe/baterias-plomo-abierto-12v/bateria-12v-260ah-formula-star>

<sup>93</sup> (Agustin Castejon)

#### 5.4.4. Cálculo y selección del inversor

Para el dimensionamiento del inversor usaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia del inversor} = \frac{\text{Potencia – Generador fotovoltaico}}{\text{eficiencia del inversor}} \dots (27)$$

$$\text{Potencia del inversor} = \frac{6,40 \text{ kW}}{0,88} = 7,27 \text{ kW}$$



Figura N° 39: Inversor MUST SOLAR<sup>94</sup> de 8 kW

***Se seleccionó 01 inversor MUST SOLAR DE 8 kW***

#### 5.4.5. Cálculo y selección de conductores eléctricos

El conductor eléctrico que se propone utilizar es el NH 80 conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no

<sup>94</sup> <https://autosolar.pe/inversores-solares>



halogenado HFFR. Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos. (INDECO)

Tabla N° 26: Conductores eléctricos<sup>95</sup> NH 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPEJOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

Tabla N° 27: Caídas de tensión máxima y recomendada<sup>96</sup>

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles – Regulador	3%	1%
Regulador – Baterías	1%	0,5%
Baterías – Inversor	1%	1%

Para cálculos eléctricos de corriente alterna se empleará la siguiente ecuación:

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots (28)$$

<sup>95</sup> (INDECO)

<sup>96</sup> <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

Donde:

$S_{CABLE}$  = Sección mínima recomendada [ $mm^2$ ].

$L$  = Longitud tramo [m].

$I$  = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

$\Delta V$  = Caída máxima permitida para cada tramo [V].

**Conductor entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 3 \%$**

De la ficha técnica del módulo fotovoltaico ERA SOLAR 320 Wp (ANEXO 01)

$$I_{CModulo} = 9,10 A$$

De la ecuación (21)

$$I_{Generador-regulador} = 1,25 \times 9,10 \times 5 = 56,88 A$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 7 \times 56,88}{56 \times 1,44}$$

$$S_{CABLE} = 9,88 mm^2$$

De la tabla N° 27, Seleccionamos el conductor de  $16 mm^2 - NH 80$

**Conductor entre la batería y el regulador de carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 1 \%$**

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 2 \times 56,88}{56 \times 0,48}$$

$$S_{CABLE} = 8,46 mm^2$$

De la tabla N° 27, Seleccionamos el conductor de  $16 mm^2 - NH 80$

**Conductor entre el inversor y la carga; caída de tensión  $\Delta V \leq 1 \%$**

$$I_{MAX\ inv} = 1,25 \times P_{inversor} / (V_{tension\ de\ trabajo}) \dots (29)$$

$$I_{MAX\ inv} = 1,25 \times 8\ 000 / (2 \times 48) = 104,16\ A$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V}$$

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times 2 \times 104,17}{56 \times 0,48}$$

$$S_{CABLE} = 15,50\ mm^2$$

De la tabla N° 26, Seleccionamos el conductor de  $35\ mm^2$  – NYY

#### **5.4.6. Angulo óptimo de inclinación:**

Según Castejon para determinar la inclinación óptima de una superficie fija sobre superficies con diferentes inclinaciones situados en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación optima en función de la latitud del lugar es la ecuación. (Castejon 1998, 13)

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |Latitud|) \dots (30)$$

Reemplazando sabiendo que la latitud= -6.68448

$$\beta_{opt} = 8,312^\circ$$

El caserío Pancal sector I está en el hemisferio sur, en consecuencia, el generador fotovoltaico se orientará hacia el norte magnético, con una inclinación de  $8,312^\circ$  con respecto a la horizontal.

#### 5.4.7. Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos

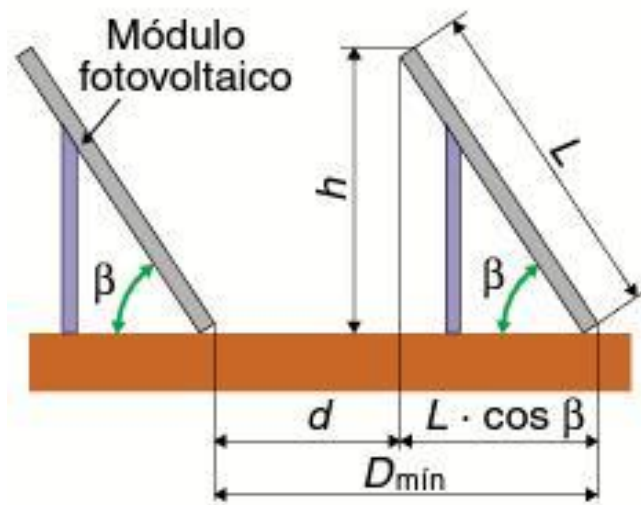


Figura N° 40: Distancia mínima entre filas de módulos fotovoltaicos<sup>97</sup>

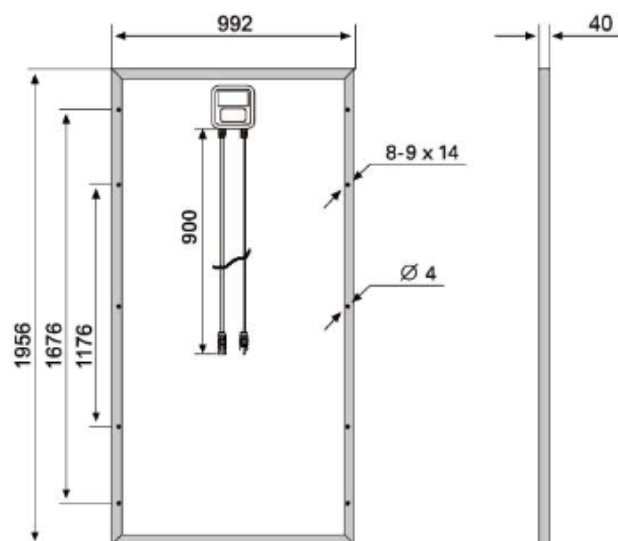


Figura N° 41: Dimensiones del módulo fotovoltaico ERA SOLAR<sup>98</sup> de 320 Wp  
Siguiendo el procedimiento de (Agustin Castejon, pág. 178) tenemos lo siguiente.

<sup>97</sup> (Agustin Castejon, pág. 177)

<sup>98</sup> ANEXO 01

La altura proyectada sobre la vertical de una fila se calcula a partir del ángulo de inclinación y la longitud del módulo.

$$h = L \cdot \text{Sen} \beta \dots (31)$$

Dónde:

h: altura proyectada sobre la vertical de un módulo (m)

L: longitud del módulo (m)

$\beta$ : inclinación del módulo ( $^{\circ}$ )

Reemplazando la ecuación (31) obtenemos:

$$h = 1,956 \times \text{Sen} (8,312^{\circ})$$

$$\mathbf{h = 0,28 \text{ m}}$$

La distancia mínima entre la parte superior de una fila y la parte inferior de la siguiente, como se muestra en la figura anterior.

$$d = h / \text{Tg} (61^{\circ} - \phi) \dots (32)$$

Dónde:

d: distancia mínima (m)

h: altura del obstáculo proyectada sobre la vertical (m)

$\phi$ : latitud del lugar ( $^{\circ}$ )

Reemplazando la ecuación (32) obtenemos:

$$d = 0,28 / \text{Tg} (61^{\circ} - 6^{\circ})$$

$$\mathbf{d = 0,12 \text{ m}}$$

La distancia mínima entre la parte inferior de las filas se calcula con la ecuación:

$$D_{\text{min}} = d + L \cdot \text{Cos} \beta \dots (33)$$

Dónde:

D: distancia mínima (m)

L: longitud del módulo (m)

$\beta$ : inclinación de los módulos ( $^{\circ}$ )

Reemplazando la ecuación (33) obtenemos:

$$D_{\min} = 0,12 + 1,956 \cdot \cos(8,312^{\circ})$$

$$D_{\min} = 2,06 \text{ m}$$

#### 5.4.8. Elementos de protección eléctrica

Con la finalidad de proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado de su mantenimiento, es necesario instalar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación. (Cornejo Lalupu, 2013)

El dispositivo de protección debe cumplir lo siguiente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \dots (34)$$

$$I_C \leq 1,45 \cdot I_Z \dots (35)$$

Donde:

- $I_B$  es la corriente de empleo o de utilización.
- $I_N$  es la corriente nominal del dispositivo de protección.
- $I_Z$  es la corriente máxima admisible por el elemento a proteger.
- $I_C$  es la corriente convencional de funcionamiento del dispositivo de protección (fusión de los fusibles y disparo de los interruptores automáticos).

## Protecciones de Corriente Continua

La interrupción de corrientes presenta mayores problemas con redes en corriente continua que en corriente alterna. En la corriente alterna existe un paso natural de la corriente por el cero en cada semiperiodo, al cual corresponde un apagado espontáneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. En la corriente continua esto no sucede y, para extinguir el arco, es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones. (Cornejo Lalupu, 2013)

### Fusibles:

Protegerán contra las sobre intensidades en la rama del generador fotovoltaico provocando la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible por los equipos o conductores de la instalación. (Cornejo Lalupu, 2013)



FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES gG					
TAMAÑO	$I_n$ (A)	REFERENCIA		U (V)	PODER DE CC (kA)
		SIN indicador	CON indicador		
8x31	0,5	420500	–	400	20
	1	420501	–	400	20
	2	420502	420602	400	20
	4	420504	420604	400	20
	6	420506	420606	400	20
	8	420508	420608	400	20
	10	420510	420610	400	20
	12	420512	420612	400	20
	16	420516	420616	400	20
	20	420720	420820	400	20

Figura N° 42: Fusible de corriente continua DF ELECTRIC<sup>99</sup>

<sup>99</sup> [http://www.e-guassch.com/onlinedocs/catalogue/datasheets/fuses/slow%20acting/df/df\\_linea.pdf](http://www.e-guassch.com/onlinedocs/catalogue/datasheets/fuses/slow%20acting/df/df_linea.pdf)

La sección del conductor en este tramo de la instalación es de 2,5 mm<sup>2</sup>, por lo que se tienen los siguientes parámetros:

$$- I_B = 9,10 \text{ A}$$

$$- I_Z = 24 \text{ A}$$

Entonces de la ecuación (34):

$$9,10 \text{ A} \leq I_N \leq 24 \text{ A}$$

$$I_N = 10 \text{ A}$$

Además, se debe cumplir que:  $I_C \leq 1,45 * I_Z$ :

$$I_C = 1,6 * I_N = 1,6 * 10 = 16 \text{ A}$$

$$I_C \leq 1,45 * I_Z \rightarrow 16 \text{ A} \leq 1,45 * 24 \text{ A} \rightarrow 16 \text{ A} \leq 21,75 \text{ A}$$

Por consiguiente, se utilizarán fusibles de 10 A en el ramal de paneles conectados en serie del generador solar fotovoltaico.

### **Tramo del Inversor a la Red de baja tensión**

#### **Interruptor magnetotérmico:**

teniendo en cuenta que la potencia instalada de la carga es de 11 113 W , entonces para el cálculo del interruptor termomagnético se utilizara la siguiente ecuación:

$$P = V * I * \cos\varphi \dots (36)$$

$$P = V * I \rightarrow I = 11\,113/220 \rightarrow I = 50,51 \text{ A}$$

El interruptor magnetotérmico tendrá una intensidad nominal de 50 **A**.



**Interruptor diferencial:**

Se ha seleccionado un interruptor diferencial de dos polos de 25 A con sensibilidad de 300 mA con  $I_n$  25 A

**5.5. Dimensionamiento del sistema de distribución eléctrica**

La red de distribución en baja tensión que hace posible transportar la energía eléctrica desde el sistema solar biogás hacia cada una de las viviendas para su dimensionamiento tendremos en cuenta la norma D.G.E. “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

**5.5.1. Cálculos eléctricos****5.5.1.1. Cálculo de caída de tensión**

La ecuación para calcular la caída de tensión en redes aéreas es la siguiente.

$$\Delta V = KxLxIx10^{-3} \dots (37)$$

Donde:

$I$  = Corriente eléctrica que recorre el circuito, en A

$L$  = Longitud del tramo, en m

$K$  = Factor de caída de tensión

Por capacidad de corriente

Se propone un sistema de distribución monofásico en 220 V, con conductores 1x16+1x16/25 para aquellos tramos con alumbrado público y en los vanos en

que no hay alumbrado 1x16/25, el cual tiene una capacidad de corriente de 64 A.

Para el cálculo de la corriente eléctrica consideraremos la potencia instalada del sistema utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{MAX\ carga} = 11\ 116 / (220)$$

$$I_{MAX\ carga} = 50,53\ A$$

Como: 50,53 < 64 OK

### 5.5.1.2. Máxima caída de tensión permisible

La norma (031-2003-DGE, 2003) establece que la caída de tensión no deberá exceder el 7,0 % de la tensión nominal.

Tabla N° 28: Caída de tensión C-I

Punto	Servicio Particular					Long. [ m ]	Tipo y Sección de Cond. [mm <sup>2</sup> ]	F.C.T. [V/A-km]	Δ V S.P. [ V ]	Σ Δ V Total [ V ]	% de Δ V
	N° Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [A]	POT. [ W ]	Σ I [ A ]						
1			0,0	0,0	12,0	30,0	1X16+1X16/25	3,272	1,18	1,18	0,54%
2	2		1,7	374,0	12,0	45,0	1x16+N25	3,272	1,77	2,94	1,34%
4	3	1	4,3	955,0	10,3	45,0	1x16+N25	3,272	1,52	4,46	2,03%
7			0,0	0,0	6,0	40,0	1x16+N25	3,272	0,78	5,24	2,38%
8			0,0	0,0	6,0	40,0	1x16+N25	3,272	0,78	6,02	2,73%
9	1		0,9	187,0	6,0	40,0	1x16+N25	3,272	0,78	6,79	3,09%
10	1		0,9	187,0	5,1	40,0	1x16+N25	3,272	0,67	7,46	3,39%
11			0,0	0,0	4,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,63	8,09	3,68%
12	2		1,7	374,0	4,3	45,0	1x16+N25	3,272	0,63	8,71	3,96%
13			0,0	0,0	2,6	45,0	1x16+N25	3,272	0,38	9,09	4,13%
14	1		0,9	187,0	2,6	45,0	1x16+N25	3,272	0,38	9,46	4,30%
15			0,0	0,0	1,7	45,0	1x16+N25	3,272	0,25	9,71	4,42%
16	2		1,7	374,0	1,7	45,0	1x16+N25	3,272	0,25	9,96	4,53%
3	2		1,7	374,0	1,7	45,0	1x16+N25	3,272	0,25	3,19	1,45%
5			0,0	0,0	1,7	45,0	1x16+N25	3,272	0,25	4,71	2,14%
6	2		1,7	374,0	1,7	50,0	1x16+N25	3,272	0,28	4,99	2,27%

4,53% < 7% ok

Fuente: Elaboración propia del autor

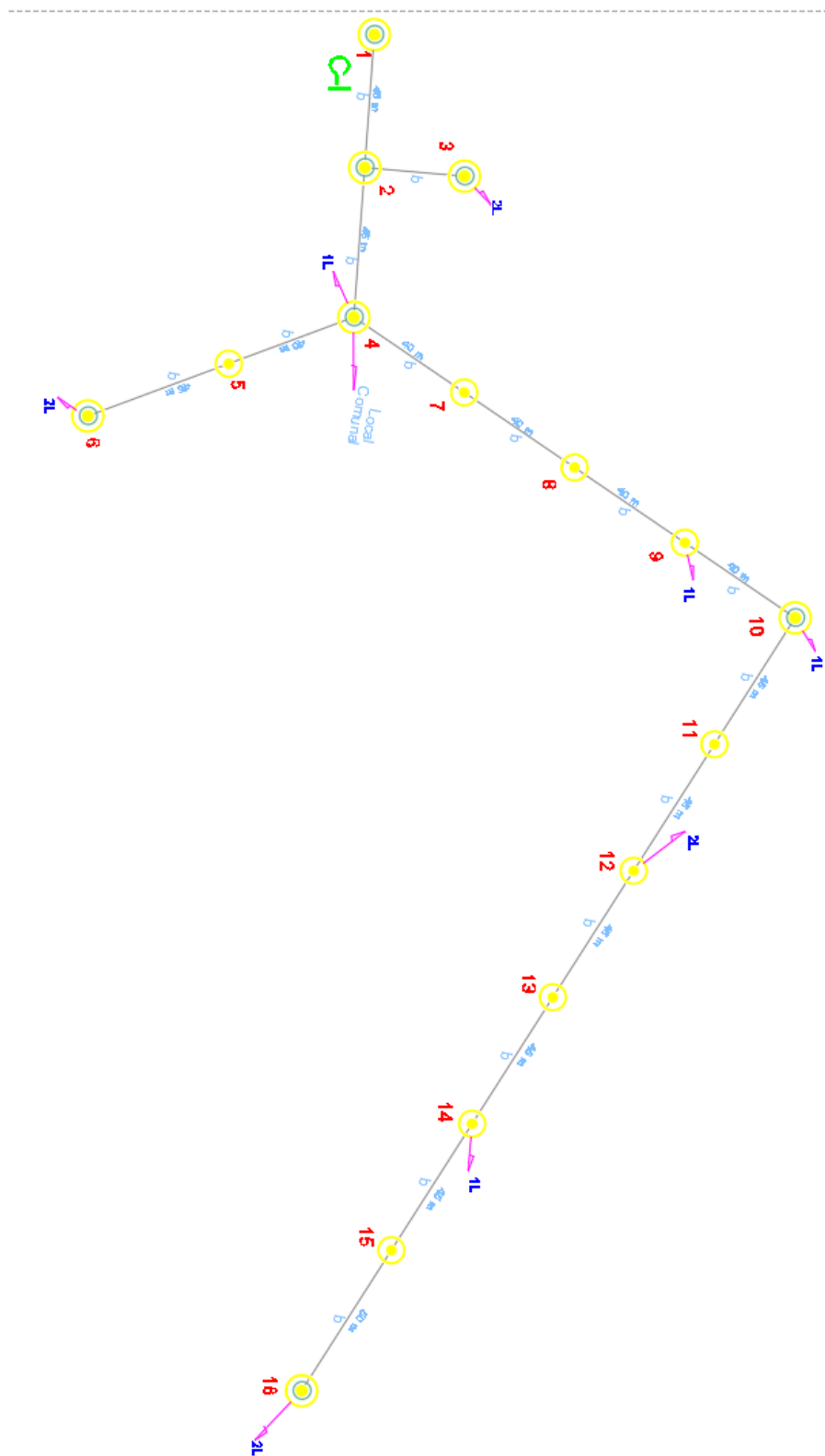


Figura N° 43: Diagrama de carga<sup>100</sup> C-I

<sup>100</sup> Elaboración propia

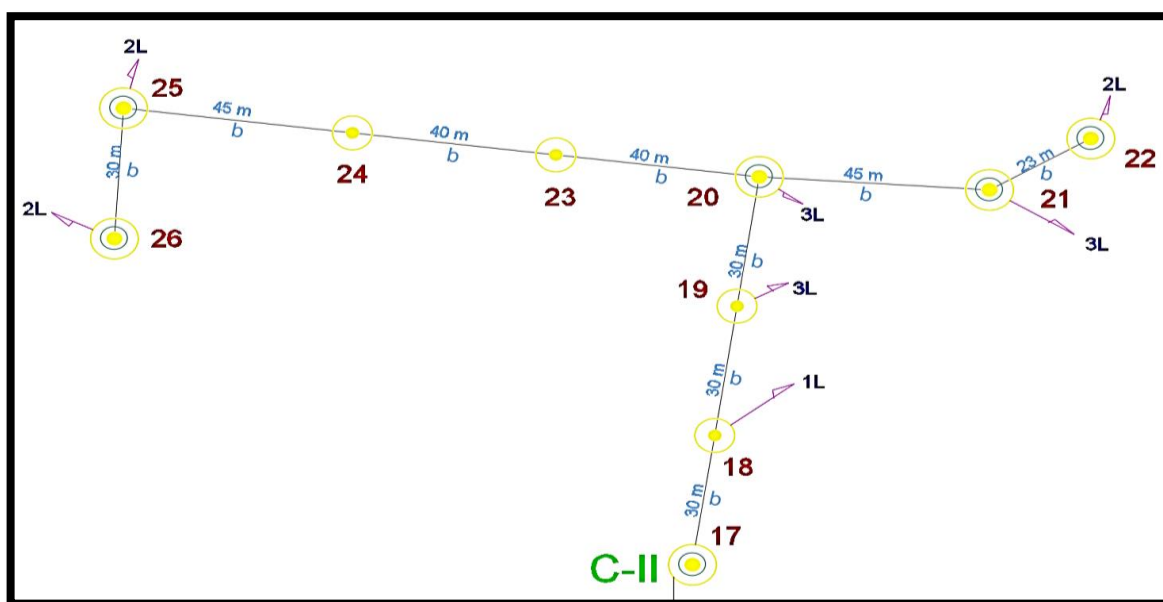


Figura N° 44: Diagrama de carga<sup>101</sup> de carga C-II

Tabla N° 29: Caída de tensión C-II

Punto	Servicio Particular					Long. [ m ]	Tipo y Sección de Cond. [mm <sup>2</sup> ]	F.C.T. [V/A-km]	$\Delta V$ S.P. [ V ]	$\Sigma \Delta V$ Total [ V ]	% de $\Delta V$
	N° Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [ A ]	POT. [ W ]	$\Sigma I$ [ A ]						
17			0,0	0,0	13,6	30,0	1x16+N25	3,272	1,33	1,33	0,61%
18	1		0,9	187,0	13,6	30,0	1x16+N25	3,272	1,33	2,67	1,21%
19	3		2,6	561,0	12,8	30,0	1x16+N25	3,272	1,25	3,92	1,78%
20	8		6,8	1496,0	10,2	30,0	1x16+N25	3,272	1,00	4,92	2,24%
23			0,0	0,0	3,4	40,0	1x16+N25	3,272	0,44	5,37	2,44%
24			0,0	0,0	3,4	40,0	1x16+N25	3,272	0,44	5,81	2,64%
25	2		1,7	374,0	3,4	45,0	1x16+N25	3,272	0,50	6,31	2,87%
26	2		1,7	374,0	1,7	30,0	1x16+N25	3,272	0,17	6,48	2,95%
21	3		2,6	561,0	4,3	30,0	1x16+N25	3,272	0,42	5,34	2,43%
22	2		1,7	374,0	1,7	51,0	1x16+N25	3,272	0,28	5,62	2,56%
<div> <div>2,95%</div> <div>&lt;</div> <div>7%</div> <div>ok</div> </div>											

Fuente: Elaboración propia del autor

De las Tablas N° 29 y Tabla N° 30 observamos que la caída de tensión es menor del 7% por lo tanto el conductor propuesto cumple con los requerimientos eléctricos.

<sup>101</sup> Fuente: elaboración propia

Tabla N° 30: Parámetros eléctricos de cables autoportantes<sup>102</sup>

FORMACIÓN	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE ALUMBRADO PUBLICO (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO (O/Km)		REACTANCIA INDUCTIVA (O/Km)		FACTOR DE CAÍDA DE TENSIÓN			CAPACIDAD DE CORRIENTE A 40 °C (A)	
	A 20 °C	A 40	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220)	K(440-220)	K(220)	Cond. Fase	Cond.
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272	102	64
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109		3,776	3,272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3,272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3,272	64	-

<sup>102</sup> (031-2003-DGE, 2003)

## 5.5.2. Cálculos mecánicos

### 5.5.2.1. Hipótesis de estado

Con respecto a la temperatura (Tabla N° 32) se tiene que la temperatura mínima promedio es de 15° C, para el cálculo mecánico consideraremos 10°C.

La temperatura máxima es de 31,2° C, para el cálculo mecánico consideraremos 40°C

La temperatura promedio anual es de 22,3° C

Para efectuar los cálculos mecánicos del conductor necesitamos determinar las condiciones meteorológicas (temperatura, velocidad del viento) tal como se observa en la tabla N° 32.

Tabla N° 31: Hipótesis para usar la ecuación de TRUXA

<b>HIPÓTESIS N° 1: Condición de máximo esfuerzo</b>	Temperatura: 10°C. Velocidad de viento: 70 Km/h.
<b>HIPÓTESIS N° 2: Condición de mayor duración (EDS)</b>	Temperatura: Media anual :22° C. Velocidad de viento: Nula.
<b>HIPÓTESIS N°3: Condición de flecha máxima</b>	Temperatura: 40°C. Velocidad de viento: Nula.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos meteorológicos

Tabla N° 32: Tabla climática de Lambayeque<sup>103</sup>

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.9	25.8	25.9	24.4	22.8	20.8	19.9	19.4	19.3	20.1	20.9	23.5
Temperatura mín. (°C)	19.9	20.7	20.6	19.3	18.2	16.5	15.5	15	15.3	15.5	16.1	17.7
Temperatura máx. (°C)	30	30.9	31.2	29.5	27.4	25.2	24.3	23.8	23.3	24.7	25.8	29.3
Temperatura media (°F)	76.8	78.4	78.6	75.9	73.0	69.4	67.8	66.9	66.7	68.2	69.6	74.3
Temperatura mín. (°F)	67.8	69.3	69.1	66.7	64.8	61.7	59.9	59.0	59.5	59.9	61.0	63.9
Temperatura máx. (°F)	86.0	87.6	88.2	85.1	81.3	77.4	75.7	74.8	73.9	76.5	78.4	84.7
Precipitación (mm)	2	2	11	3	1	0	0	0	0	1	1	1

#### 5.5.2.2. Esfuerzos mecánicos en el conductor<sup>104</sup>

Según la norma para (031-2003-DGE, 2003) establece lo siguiente:

- El esfuerzo del conductor portante de aleación de aluminio será en todos los casos, de 52,3 N/mm<sup>2</sup>, aproximadamente 18 % del esfuerzo de rotura del conductor.
- El esfuerzo máximo del conductor no superará 176 N/mm<sup>2</sup>.
- Cuando, debido a la presencia de hielo, los esfuerzos en el conductor portante sobrepasarán lo máximo establecido, consultor podrá adoptar un esfuerzo EDS menor a 52,3 N/mm<sup>2</sup>.

Del plano de la red de distribución se observa que el vano máximo es de 50 m por lo que para los cálculos mecánicos del conductor se considerara esta longitud como vano básico.

<sup>103</sup> <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/peru/lambayeque/lambayeque-34031/>

<sup>104</sup> (031-2003-DGE, 2003)

Tabla N° 33: Tabla de cálculos mecánicos<sup>105</sup>

<b>Vano (m)</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
<b>HIP. I</b> $\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	7,82	8,17	<b>8,53</b>	8,87	9,20
<b>f</b> (m)	0,23	0,39	<b>0,58</b>	0,80	1,05
<b>HIP. II</b> $\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	5,44	5,44	<b>5,44</b>	5,44	5,44
<b>f</b> (m)	0,13	0,24	<b>0,37</b>	0,53	0,72
<b>HIP. III</b> $\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	3,35	3,58	<b>3,79</b>	3,97	4,13
<b>f</b> (m)	0,21	0,36	<b>0,53</b>	0,73	0,95

De la Tabla N° 34 para un vano de 50 m el esfuerzo máximo es de 8,53 kg/mm<sup>2</sup> lo que equivale a 85,59 N/mm<sup>2</sup> el cual es menor de 176 N/mm<sup>2</sup>.

## 5.6. Presupuesto

Tabla N° 34: Valor referencial para el suministro de materiales para el sistema solar- biogás<sup>106</sup>

<b>Descripción</b>	<b>Costo/unitario (S/.)</b>	<b>Costo (S/.)</b>
20 paneles ERA SOLAR de 320 Wp	783,97	15 679,40
16 baterías FORMULA STAR 12V- 260 A.h	1 095,59	17 529,44
01 inversor MUST SOLAR de 8 000 W	9 852,00	9 852,00
02 controladores 150/60	2 444,29	4 888,58
Gasómetro-reactor	6 000,00	6 000,00
Filtros y válvulas, bomba de gas	4 000,00	4000,00
Grupo electrógeno Honda de 3 kW	3 942,00	3 942,00
Tuberías y accesorios	3 000,00	3 000,00
<b>Total, del Suministro</b>		<b>64 891,42</b>

<sup>105</sup> Fuente: Elaboración propia del autor

<sup>106</sup> Fuente: Elaboración propia del autor



Tabla N° 35: Costo directo sistema biogás- fotovoltaico

<b>Descripción</b>	<b>Costo (S/.)</b>
Suministro de materiales	64 891,42
Montaje electromecánico	6 489,14
Transporte de materiales	2595,66
Costo directo	73 976,22

Fuente: Elaborado por el propio Autor

### 5.6.1. Presupuesto Total

Tabla N° 36: Presupuesto total

<b>REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: :"APROVECHAMIENTO DEL ESTIERCOL DE GANADO VACUNO Y LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA GENERAR ENEGIA ELECTRICA EN EL CASERIO PANCAL SECTOR I EN LAMBAYEQUE"</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TOTAL</b>
<b>A</b>	<b>PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCION</b>	<b>45 972,86</b>
<b>B</b>	<b>PRESUPUESTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO BIOGAS</b>	<b>73 976,22</b>
	<b>TOTAL S/.</b>	<b>119 949,08</b>
<b>C</b>	<b>GASTOS GENERALES UTILIDADES</b>	<b>11 994,91</b>
<b>D</b>		<b>11 994,91</b>
<b>E</b>	<b>COSTO TOTAL SIN I.G.V. (S/.)</b>	<b>143 938,90</b>
<b>F</b>	<b>I.G.V. (S/.)</b>	<b>25 909,00</b>
<b>G</b>	<b>VALOR REFERENCIAL (S/.)</b>	<b>169 847,90</b>
<b>H</b>	<b>CAPACITACION (S/.)</b>	<b>3 000,00</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL (S/.)</b>	<b>172 847,90</b>

Fuente: Elaborado por el propio Autor

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

### 6.1. Conclusiones

- a) Se calculó la demanda de energía eléctrica promedio diario para el caserío Pancal Sector I para un horizonte de 20 años obteniendo: 36 239 Wh/día.
- b) Se obtuvo los datos de irradiación solar de 02 fuentes de radiación solar: El atlas de radiación solar del Perú se obtuvo un valor de radio solar de: se considerará el valor promedio de 4,75 kWh/m<sup>2</sup>/día. Usando la página web de la NASA el cual brinda los valores promedios de radiación solar para 22 años se obtuvo un valor mínimo 4,47 kWh/m<sup>2</sup>/día. Con respecto al estiércol de ganado vacuno se obtuvo un resultado de 448 kg diario.
- c) El generador fotovoltaico estará compuesto por 20 módulos fotovoltaicos de 320 Wp de la marca ERA SOLAR, 16 baterías formula Star de 260 A.h, 02 controladores de 150/60 y 01 inversores de 8 000 W. La potencia instalada del sistema del generador fotovoltaico es de 6,40 kWp.
- d) Se dimensionó el biodigestor proponiendo uno de cúpula fija con un volumen de 34,76 m<sup>3</sup>; el cual está conformado por un segmento esférico de 8,40 m<sup>3</sup>, un volumen cilíndrico de 23,26 m<sup>3</sup> y un volumen cónico de 3,10 m<sup>3</sup>

- e) La red de distribución secundaria en base a las normas DGE de electrificación rural, se realizaron los cálculos eléctricos y mecánicos con el conductor 2x16/25 y 1x16/25, los cuales cumplen con los requerimientos, se elaboró el plano en baja tensión en 220 V.
- f) Se elaboró el metrado del sistema solar fotovoltaico-biogás, así como de la red de distribución de baja tensión, obteniendo un total de: S/ 172 847,90.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Agustin Castejon, G. S. (s.f.). *instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 2) ARRIETA PALACIOS, W. (2016). "DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DOMÉSTICO PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO". PIURA.
- 3) ASPRILLA MOSQUERA, D. B. (2016). "ESTUDIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA RENOVABLE (SOLAR – GASIFICACIÓN DE BIOMASA) COMO ALTERNATIVA PARA SATISFACER NECESIDADES ENERGÉTICAS EN ZONAS NO INTERCONECTADAS DEL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ". MEDELLIN.
- 4) Castejon, A. (1998). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 5) CHAVEZ SOTO, J. C., & MEDINA SANCHEZ, J. P. (2014). "ESTUDIO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO SOLAR PARA EL ALUMBRADO DE LAS VÍAS Y EL CERCO PERIMÉTRICO DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA". CHIMBOTE.
- 6) Chonlon Velicoso, R. E. (2016). "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCIR BIOGÁS CON RESIDUOS ORGÁNICOS GANADEROS PARA SATISFACER LA DEMANDA ENERGÉTICA, CASERÍO EL TAMBO, MOTUPE 2016". Motupe.
- 7) Cornejo Lalupu, H. A. (2013). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXION A RED DEL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA*. Piura.
- 8) Corona Zuñiga, I. (2007). *Biodigestores*. Mexico.
- 9) Cuenca Benitez, W. A. (2018). "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL INTERIOR DE UN VEHÍCULO TIPO CASA-RODANTE EN LA RUTA TURÍSTICA SPONDYLUS O RUTA DEL SOL". Loja - Ecuador.
- 10) ESCARES MARTINEZ, M. J. (2014). "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BIOMASA FORESTAL COMO MEDIO DE CALEFACCIÓN Y ACS EN VIVIENDAS SOCIALES". VALDIVIA.

- 11) España Quintana, E. J. (2017). “*APROVECHAMIENTO DEL ESTIERCOL DE VACUNO PARA LA ELABORACION DE BIOGAS COMO PROPUESTA AL MANEJO ADECUADO DE LOS RESIDUOS PECUARIOS EN LA GRANJA ECOLÓGICA LINDEROS, TOMAYQUICHUA, AMBO, HUÁNUCO 2017*”. Huanuco.
- 12) Guardado Chacon, J. A. (2006). *Tenología del biogas*. Cuba: Cubasolar.
- 13) INDECO. (s.f.). *FREETOX NH 80*. Obtenido de <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000418.pdf>
- 14) Labiano Iradiel, I. (2014). *ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EMPLEANDO BIOGAS COMO COMBUSTIBLE EN EL MATADERO DE COCHABAMBA. PAMPLONA*.
- 15) Lucas Herguedas, A. I., & Del Pesco Taranato, C. (2012). *Bomasa, combustibles sostenibilidad*. Madrid.
- 16) Marti Herrero, J. (2008). *Guia de diseño y manual de instalaciones de biodigestores familiares*. Bolivia.
- 17) ORTIZ NUÑEZ, J. P. (2017). “*DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE BIOMASA CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA PUNO, EN EL CERRO DE CANCHARANI - DEPARTAMENTO DE PUNO*”. PUNO.
- 18) Pizarro, S. (2005). *Biodigestor*. Mexico.
- 19) RD031-2003-EM. (2003). *Bases para el Diseño de Líneas y redes Secundarias con Conductor Autoportante para Electrificación Rural*. LIOMA.
- 20) ROJAS ROMERO, M. A. (2019). “*DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA EÓLICOBIOMASA PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA*”. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/4320/BC-TES-TMP-3142.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 21) Sarria, C. A. (2012). *SIMULACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICO / BIOGÁS /PROPANO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER*. Santiago de Cali.
- 22) Sarria, C. A. (2012). *SIMULACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICO / BIOGÁS /PROPANO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA USANDO LA HERRAMEINTA COMPUTACIONAL HOMER*. SANTIAGO DE CALI.

- 23) SENAMHI. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*.
- 24) Terreros Perea, J. A., & Hernandez Gomez, B. (2015). *DISEÑO DE SISTEMAS HÍBRIDOS SOLAR BIOMASA CASO DE ESTUDIO: RESGUARDO INDIGENA CALLE SANTA ROSA CAUCA*. Bogota.
- 25) VALIENTE PIEL, R. E. (2015). *“MODELACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-SOLAR TÉRMICO - BIOMASA PARA CALEFACCIÓN DOMICILIARIA EN LA REGIÓN DEL BIOBÍO”*. CHILLAN.

## **ANEXOS**

**ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DEL MODULO FOTOVOLTAICO ERA SOLAR DE 320 Wp**

**ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/60 VICTRON ENERGY**

**ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA FORMULA STAR DE 260 A.h**

**ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR MUST SOLAR DE 8 kW**

**ANEXO N°05. FICHA TÉCNICA DE CONDUCTORES ELECTRICOS**

**ANEXO N° 06. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO - BIOGÁS**

**ANEXO N° 07. METRADO Y PRESUPUESTO DE LA RED SECUNDARIA**

**ANEXO N° 08. RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA (220 V)**

**ANEXO N° 09. RELACION DE BENEFICIARIOS**

# **ANEXO**

## **N°01:**

### **FICHA TÉCNICA DEL MODULO FOTOVOLTAICO ERA SOLAR DE 320 W<sub>p</sub>**



# ESPMC

## Polycrystalline Solar Module



### SPECIFICATIONS

Dimensions	1956 x 992 x 35 mm 1956 x 992 x 40 mm 1956 x 992 x 45 mm
Weight	20.9 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs multi-crystalline Si-cells (156 x 156 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET/ FEVE
Junction Box	
Cable	4 mm <sup>2</sup> solar cable 2 x 900 mm
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product Warranty	10 years
Power	10 years 90%
Guarantee	25 years 80%

### CHARACTERISTICS

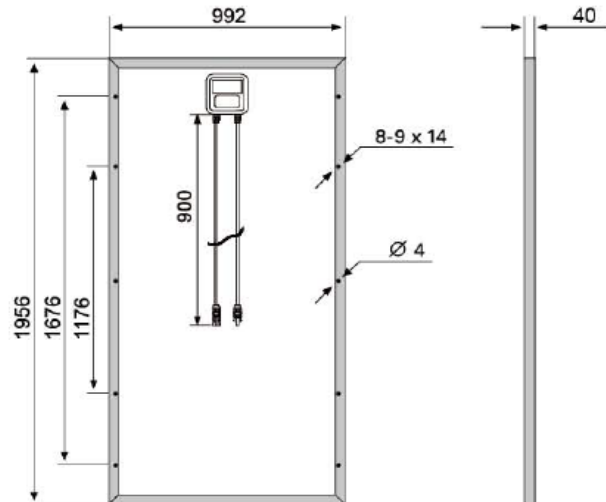
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature- <sub>sc</sub>	+0.08558%/°K
Temperature- <sub>V<sub>oc</sub></sub>	-0.29506%/°K
Temperature- <sub>mpp</sub>	-0.38001%/°K
NOCT***	45°C

### CERTIFICATES

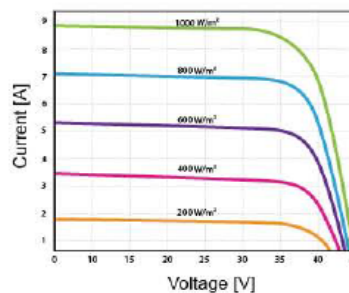
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)  
IEC 61730 MCS INMETRO  
CE CEC SALT-MIST  
PID Resistant

### INSURANCE

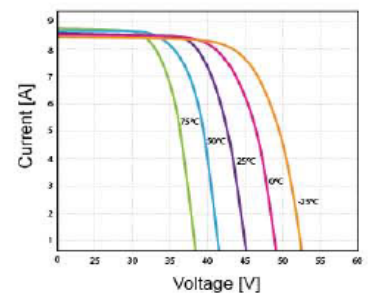
Chubb



### CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m²).

ESPMC TYPE	300	305	310	315	320	325
Power Class	300W	305W	310W	315W	320W	325W
Max. Power Voltage (V <sub>mpp</sub> )* at STC**	37V	37.15V	37.3V	37.5V	37.65V	37.8V
Max. Power Current (I <sub>mpp</sub> ) at STC	8.1A	8.21A	8.31A	8.4A	8.5A	8.6A
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> ) at STC	44.8V	44.95V	45.1V	45.3V	45.45V	45.6V
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> ) at STC	8.7A	8.8A	8.9A	9A	9.1A	9.2A
Module Efficiency	15.5 %	15.7 %	16 %	16.2 %	16.5 %	16.8 %

\* MPP: Maximum Power Point

\*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

\*\*\* Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.  
© March 2015 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

# **ANEXO**

## **N°02:**

### **FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/60 VICTRON ENERGY**

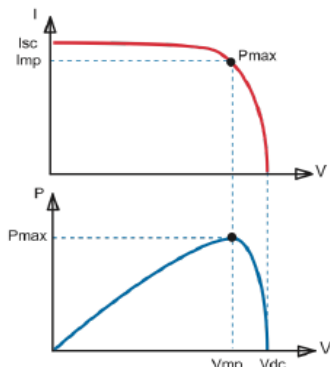
## Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)


Controlador de carga solar  
MPPT 150/100-Tr



Controlador de carga solar  
MPPT 150/100-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

### Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

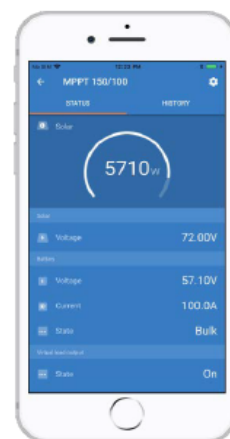
Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VEDirect Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm²/AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Bornes de batería	35 mm² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)					

# **ANEXO**

## **N°03:**

### **FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA FORMULA STAR DE 260 A.h**



## FORMULA STAR MARINA | SOLAR

Formula Star  
MARINA

### Formula Star MARINA

- Reducida autodescarga
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas
- Filtro antillama, desgasificación central


- Baterías selladas, Antiderrames.
- Tecnología Calcio-Calcio, Libre mantenimiento
- Placas y separadores especiales


Formula Star  
SOLAR

### Formula Star SOLAR

- Totalmente Libre de Mantenimiento
- Placas y separadores especiales
- Alta resistencia a profundos y continuos ciclos de carga y descarga

- Sistema de regulación por válvula con supresor de llama
- Larga Vida en servicio, Reducida autodescarga
- Baterías Hermética Estacionaria  
(diseñada para instalaciones fotovoltaicas)

FS MARINA	Modelo	V	Capacidad Ah C20	Intensidad -18°C (EN)	Medidas max. (mm)			Precio BASE	Código AMP	Enero 2017	
					Largo	Ancho	Alto			AMP	P.V.P.
12 MESES GARANTÍA											
MARINA											
	FS 60 MARINA	12	60	535	242	175	190	82,30	G12E	9,50	91,80
	FS 75 MARINA	12	74	670	278	175	190	100,60	G12F	11,75	112,35
	FS 100 MARINA	12	95	790	353	175	190	131,20	G12H	15,75	146,95
	FS 145 MARINA	12	145	800	513	189	223	211,40	G12K	22,75	234,15
	FS 185 MARINA	12	185	1.000	513	223	223	242,30	G12L	28,25	270,55
	FS 230 MARINA	12	230	1.150	518	276	242	305,60	G12M	36,25	341,85

FS SOLAR	Modelo	V	Capacidad Ah C100	Medidas max. (mm)			Precio BASE	Código AMP	Enero 2017		
				Largo	Ancho	Alto			AMP	P.V.P.	
12 MESES GARANTÍA											
SOLAR											
	FS 70 SOLAR	12	66	242	175	190	83,90	G12F	11,75	95,65	
	FS 80 SOLAR	12	80	278	175	190	102,60	G12G	14,00	116,60	
	FS 110 SOLAR	12	105	353	175	190	133,70	G12H	15,75	149,45	
	FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223	215,50	G12L	28,25	243,75	
	FS 200 SOLAR	12	200	513	223	223	249,30	G12L	28,25	277,55	
	FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242	311,50	G12M	36,25	347,75	



# **ANEXO**

## **N°04:**

### **FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR MUST SOLAR DE 8kW**

# Must Solar Baja Frecuencia con MPPT

## PV3500 Series Inversor solar de aislada y baja frecuencia

### Características

- Potencia Nominal entre 4kVA y 12kVA
- Onda senoidal pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador MPPT de hasta 120A según versiones
- MPPT con eficiencia máxima del 98%
- Cargador AC de alta potencia de 80A
- Transformador con bobinado íntegro de cobre
- Protección contra sobrecalentamiento, sobrecarga y descarga profunda
- Con programa para PC (CD incluido) para programación del Inversor
- Sistema de monitorización WIFI (opcional)
- Compatible con generadores de gasolina o diésel
- Con aislamiento galvanizado.



### Introducción

Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo MPPT. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes modos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

### Información del Display LCD



1. Interruptor / bajo consumo
2. Ajuste cargador AC
3. Display LCD
4. Ajuste voltaje baterías
5. Indicador Inversor
6. Indicador carga
7. Indicador red
8. Indicador fallo
9. Frecuencia
10. Indicador PV
11. Puerto serial
12. BATT+
13. Ventilador
14. BATT+
15. Relé de cambio punto comunicaciones
16. Terminal entrada AC / bypass
17. Terminal salida consumos
18. Interruptor función (ON/OFF)
19. AIGS
20. BTT
21. Entrada AC desde generador o red
22. Salida AC para consumos
23. Segundo entrada (opcional)
24. Primera entrada (opcional)
25. Tierra

### Conexión del Sistema Solar



## Inversor de baja frecuencia

### Especificaciones

	MODELO												
	Voltaje de Entrada de Baterías				PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E	PV3500-4E
SALIDA INVERSOR	Potencia del Inversor	400W	800W	800W	800W	800W	800W	800W	800W	800W	800W	800W	800W
	Pico potencia (SPM)	1200W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W	1500W
	Capacidad máxima de carga	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A	20A
	Tipos de Carga	Carga para 1 tipo de onda de entrada (modo bypass)											
	Voltaje nominal salida RMS	220V/230V/240V/250V/260V/270V/280V/290V/300V/310V/320V/330V/340V/350V/360V/370V/380V/390V/400V/410V/420V/430V/440V/450V/460V/470V/480V/490V/500V/510V/520V/530V/540V/550V/560V/570V/580V/590V/600V/610V/620V/630V/640V/650V/660V/670V/680V/690V/700V/710V/720V/730V/740V/750V/760V/770V/780V/790V/800V/810V/820V/830V/840V/850V/860V/870V/880V/890V/900V/910V/920V/930V/940V/950V/960V/970V/980V/990V/1000V/1010V/1020V/1030V/1040V/1050V/1060V/1070V/1080V/1090V/1100V/1110V/1120V/1130V/1140V/1150V/1160V/1170V/1180V/1190V/1200V/1210V/1220V/1230V/1240V/1250V/1260V/1270V/1280V/1290V/1300V/1310V/1320V/1330V/1340V/1350V/1360V/1370V/1380V/1390V/1400V/1410V/1420V/1430V/1440V/1450V/1460V/1470V/1480V/1490V/1500V/1510V/1520V/1530V/1540V/1550V/1560V/1570V/1580V/1590V/1600V/1610V/1620V/1630V/1640V/1650V/1660V/1670V/1680V/1690V/1700V/1710V/1720V/1730V/1740V/1750V/1760V/1770V/1780V/1790V/1800V/1810V/1820V/1830V/1840V/1850V/1860V/1870V/1880V/1890V/1900V/1910V/1920V/1930V/1940V/1950V/1960V/1970V/1980V/1990V/2000V/2010V/2020V/2030V/2040V/2050V/2060V/2070V/2080V/2090V/2100V/2110V/2120V/2130V/2140V/2150V/2160V/2170V/2180V/2190V/2200V/2210V/2220V/2230V/2240V/2250V/2260V/2270V/2280V/2290V/2300V/2310V/2320V/2330V/2340V/2350V/2360V/2370V/2380V/2390V/2400V/2410V/2420V/2430V/2440V/2450V/2460V/2470V/2480V/2490V/2500V/2510V/2520V/2530V/2540V/2550V/2560V/2570V/2580V/2590V/2600V/2610V/2620V/2630V/2640V/2650V/2660V/2670V/2680V/2690V/2700V/2710V/2720V/2730V/2740V/2750V/2760V/2770V/2780V/2790V/2800V/2810V/2820V/2830V/2840V/2850V/2860V/2870V/2880V/2890V/2900V/2910V/2920V/2930V/2940V/2950V/2960V/2970V/2980V/2990V/3000V/3010V/3020V/3030V/3040V/3050V/3060V/3070V/3080V/3090V/3100V/3110V/3120V/3130V/3140V/3150V/3160V/3170V/3180V/3190V/3200V/3210V/3220V/3230V/3240V/3250V/3260V/3270V/3280V/3290V/3300V/3310V/3320V/3330V/3340V/3350V/3360V/3370V/3380V/3390V/3400V/3410V/3420V/3430V/3440V/3450V/3460V/3470V/3480V/3490V/3500V/3510V/3520V/3530V/3540V/3550V/3560V/3570V/3580V/3590V/3600V/3610V/3620V/3630V/3640V/3650V/3660V/3670V/3680V/3690V/3700V/3710V/3720V/3730V/3740V/3750V/3760V/3770V/3780V/3790V/3800V/3810V/3820V/3830V/3840V/3850V/3860V/3870V/3880V/3890V/3900V/3910V/3920V/3930V/3940V/3950V/3960V/3970V/3980V/3990V/4000V/4010V/4020V/4030V/4040V/4050V/4060V/4070V/4080V/4090V/4100V/4110V/4120V/4130V/4140V/4150V/4160V/4170V/4180V/4190V/4200V/4210V/4220V/4230V/4240V/4250V/4260V/4270V/4280V/4290V/4300V/4310V/4320V/4330V/4340V/4350V/4360V/4370V/4380V/4390V/4400V/4410V/4420V/4430V/4440V/4450V/4460V/4470V/4480V/4490V/4500V/4510V/4520V/4530V/4540V/4550V/4560V/4570V/4580V/4590V/4600V/4610V/4620V/4630V/4640V/4650V/4660V/4670V/4680V/4690V/4700V/4710V/4720V/4730V/4740V/4750V/4760V/4770V/4780V/4790V/4800V/4810V/4820V/4830V/4840V/4850V/4860V/4870V/4880V/4890V/4900V/4910V/4920V/4930V/4940V/4950V/4960V/4970V/4980V/4990V/5000V/5010V/5020V/5030V/5040V/5050V/5060V/5070V/5080V/5090V/5100V/5110V/5120V/5130V/5140V/5150V/5160V/5170V/5180V/5190V/5200V/5210V/5220V/5230V/5240V/5250V/5260V/5270V/5280V/5290V/5300V/5310V/5320V/5330V/5340V/5350V/5360V/5370V/5380V/5390V/5400V/5410V/5420V/5430V/5440V/5450V/5460V/5470V/5480V/5490V/5500V/5510V/5520V/5530V/5540V/5550V/5560V/5570V/5580V/5590V/5600V/5610V/5620V/5630V/5640V/5650V/5660V/5670V/5680V/5690V/5700V/5710V/5720V/5730V/5740V/5750V/5760V/5770V/5780V/5790V/5800V/5810V/5820V/5830V/5840V/5850V/5860V/5870V/5880V/5890V/5900V/5910V/5920V/5930V/5940V/5950V/5960V/5970V/5980V/5990V/6000V/6010V/6020V/6030V/6040V/6050V/6060V/6070V/6080V/6090V/6100V/6110V/6120V/6130V/6140V/6150V/6160V/6170V/6180V/6190V/6200V/6210V/6220V/6230V/6240V/6250V/6260V/6270V/6280V/6290V/6300V/6310V/6320V/6330V/6340V/6350V/6360V/6370V/6380V/6390V/6400V/6410V/6420V/6430V/6440V/6450V/6460V/6470V/6480V/6490V/6500V/6510V/6520V/6530V/6540V/6550V/6560V/6570V/6580V/6590V/6600V/6610V/6620V/6630V/6640V/6650V/6660V/6670V/6680V/6690V/6700V/6710V/6720V/6730V/6740V/6750V/6760V/6770V/6780V/6790V/6800V/6810V/6820V/6830V/6840V/6850V/6860V/6870V/6880V/6890V/6900V/6910V/6920V/6930V/6940V/6950V/6960V/6970V/6980V/6990V/7000V/7010V/7020V/7030V/7040V/7050V/7060V/7070V/7080V/7090V/7100V/7110V/7120V/7130V/7140V/7150V/7160V/7170V/7180V/7190V/7200V/7210V/7220V/7230V/7240V/7250V/7260V/7270V/7280V/7290V/7300V/7310V/7320V/7330V/7340V/7350V/7360V/7370V/7380V/7390V/7400V/7410V/7420V/7430V/7440V/7450V/7460V/7470V/7480V/7490V/7500V/7510V/7520V/7530V/7540V/7550V/7560V/7570V/7580V/7590V/7600V/7610V/7620V/7630V/7640V/7650V/7660V/7670V/7680V/7690V/7700V/7710V/7720V/7730V/7740V/7750V/7760V/7770V/7780V/7790V/7800V/7810V/7820V/7830V/7840V/7850V/7860V/7870V/7880V/7890V/7900V/7910V/7920V/7930V/7940V/7950V/7960V/7970V/7980V/7990V/8000V/8010V/8020V/8030V/8040V/8050V/8060V/8070V/8080V/8090V/8100V/8110V/8120V/8130V/8140V/8150V/8160V/8170V/8180V/8190V/8200V/8210V/8220V/8230V/8240V/8250V/8260V/8270V/8280V/8290V/8300V/8310V/8320V/8330V/8340V/8350V/8360V/8370V/8380V/8390V/8400V/8410V/8420V/8430V/8440V/8450V/8460V/8470V/8480V/8490V/8500V/8510V/8520V/8530V/8540V/8550V/8560V/8570V/8580V/8590V/8600V/8610V/8620V/8630V/8640V/8650V/8660V/8670V/8680V/8690V/8700V/8710V/8720V/8730V/8740V/8750V/8760V/8770V/8780V/8790V/8800V/8810V/8820V/8830V/8840V/8850V/8860V/8870V/8880V/8890V/8900V/8910V/8920V/8930V/8940V/8950V/8960V/8970V/8980V/8990V/9000V/9010V/9020V/9030V/9040V/9050V/9060V/9070V/9080V/9090V/9100V/9110V/9120V/9130V/9140V/9150V/9160V/9170V/9180V/9190V/9200V/9210V/9220V/9230V/9240V/9250V/9260V/9270V/9280V/9290V/9300V/9310V/9320V/9330V/9340V/9350V/9360V/9370V/9380V/9390V/9400V/9410V/9420V/9430V/9440V/9450V/9460V/9470V/9480V/9490V/9500V/9510V/9520V/9530V/9540V/9550V/9560V/9570V/9580V/9590V/9600V/9610V/9620V/9630V/9640V/9650V/9660V/9670V/9680V/9690V/9700V/9710V/9720V/9730V/9740V/9750V/9760V/9770V/9780V/9790V/9800V/9810V/9820V/9830V/9840V/9850V/9860V/9870V/9880V/9890V/9900V/9910V/9920V/9930V/9940V/9950V/9960V/9970V/9980V/9990V/10000V/10001V/10002V/10003V/10004V/10005V/10006V/10007V/10008V/10009V/10010V/10011V/10012V/10013V/10014V/10015V/10016V/10017V/10018V/10019V/10020V/10021V/10022V/10023V/10024V/10025V/10026V/10027V/10028V/10029V/10030V/10031V/10032V/10033V/10034V/10035V/10036V/10037V/10038V/10039V/10040V/10041V/10042V/10043V/10044V/10045V/10046V/10047V/10048V/10049V/10050V/10051V/10052V/10053V/10054V/10055V/10056V/10057V/10058V/10059V/10060V/10061V/10062V/10063V/10064V/10065V/10066V/10067V/10068V/10069V/10070V/10071V/10072V/10073V/10074V/10075V/10076V/10077V/10078V/10079V/10080V/10081V/10082V/10083V/10084V/10085V/10086V/10087V/10088V/10089V/10090V/10091V/10092V/10093V/10094V/10095V/10096V/10097V/10098V/10099V/10100V/10101V/10102V/10103V/10104V/10105V/10106V/10107V/10108V/10109V/10110V/10111V/10112V/10113V/10114V/10115V/10116V/10117V/10118V/10119V/10120V/10121V/10122V/10123V/10124V/10125V/10126V/10127V/10128V/10129V/10130V/10131V/10132V/10133V/10134V/10135V/10136V/10137V/10138V/10139V/10140V/10141V/10142V/10143V/10144V/10145V/10146V/10147V/10148V/10149V/10150V/10151V/10152V/10153V/10154V/10155V/10156V/10157V/10158V/10159V/10160V/10161V/10162V/10163V/10164V/10165V/10166V/10167V/10168V/10169V/10170V/10171V/10172V/10173V/10174V/10175V/10176V/10177V/10178V/10179V/10180V/10181V/10182V/10183V/10184V/10185V/10186V/10187V/10188V/10189V/10190V/10191V/10192V/10193V/10194V/10195V/10196V/10197V/10198V/10199V/10200V/10201V/10202V/10203V/10204V/10205V/10206V/10207V/10208V/10209V/10210V/10211V/10212V/10213V/10214V/10215V/10216V/10217V/10218V/10219V/10220V/10221V/10222V/10223V/10224V/10225V/10226V/10227V/10228V/10229V/10230V/10231V/10232V/10233V/10234V/10235V/10236V/10237V/10238V/10239V/10240V/10241V/10242V/10243V/10244V/10245V/10246V/10247V/10248V/10249V/10250V/10251V/10252V/10253V/10254V/10255V/10256V/10257V/10258V/10259V/10260V/10261V/10262V/10263V/10264V/10265V/10266V/10267V/10268V/10269V/10270V/10271V/10272V/10273V/10274V/10275V/10276V/10277V/10278V/10279V/10280V/10281V/10282V/10283V/10284V/10285V/10286V/10287V/10288V/10289V/10290V/10291V/10292V/10293V/10294V/10295V/10296V/10297V/10298V/10299V/10300V/10301V/10302V/10303V/10304V/10305V/10306V/10307V/10308V/10309V/10310V/10311V/10312V/10313V/10314V/10315V/10316V/10317V/10318V/10319V/10320V/10321V/10322V/10323V/10324V/10325V/10326V/10327V/10328V/10329V/10330V/10331V/10332V/10333V/10334V/10335V/10336V/10337V/10338V/10339V/10340V/10341V/10342V/10343V/10344V/10345V/10346V/10347V/10348V/10349V/10350V/10351V/10352V/10353V/10354V/10355V/10356V/10357V/10358V/10359V/10360V/10361V/10362V/10363V/10364V/10365V/10366V/10367V/10368V/10369V/10370V/10371V/10372V/10373V/10374V/10375V/10376V/10377V/10378V/10379V/10380V/10381V/10382V/10383V/10384V/10385V/10386V/10387V/10388V/10389V/10390V/10391V/10392V/10393V/10394V/10395V/10396V/10397V/10398V/10399V/10400V/10401V/10402V/10403V/10404V/10405V/10406V/10407V/10408V/10409V/10410V/10411V/10412V/10413V/10414V/10415V/10416V/10417V/10418V/10419V/10420V/10421V/10422V/10423V/10424V/10425V/10426V/10427V/10428V/10429V/10430V/10431V/10432V/10433V/10434V/10435V/10436V/10437V/10438V/10439V/10440V/10441V/10442V/10443V/10444V/10445V/10446V/10447V/10448V/10449V/10450V/10451V/10452V/10453V/10454V/10455V/10456V/10457V/10458V/10459V/10460V/10461V/10462V/10463V/10464V/10465V/10466V/10467V/10468V/10469V/10470V/10471V/10472V/10473V/10474V/10475V/10476V/10477V/10478V/10479V/10480V/10481V/10482V/10483V/10484V/10485V/10486V/10487V/10488V/10489V/10490V/10491V/10492V/10493V/10494V/10495V/10496V/10497V/10498V/10499V/10500V/10501V/10502V/10503V/10504V/10505V/10506V/10507V/10508V/10509V/10510V/10511V/10512V/10513V/10514V/10515V/10516V/10517V/10518V/10519V/10520V/10521V/10522V/10523V/10524V/10525V/10526V/10527V/10528V/10529V/10530V/10531V/10532V/10533V/10534V/10535V/10536V/10537V/10538V/10539V/10540V/10541V/10542V/10543V/10544V/10545V/10546V/10547V/10548V/10549V/10550V/10551V/10552V/10553V/10554V/10555V/10556V/10557V/10558V/10559V/10560V/10561V/10562V/10563V/10564V/10565V/10566V/10567V/10568V/10569V/10570V/10571V/10572V/10573V/10574V/10575V/10576V/10577V/10578V/10579V/10580V/10581V/10582V/10583V/10584V/10585V/10586V/10587V/10588V/10589V/10590V/10591V/10592V/10593V/10594V/10595V/10596V/10597V/10598V/10599V/10600V/10601V/10602V/10603V/10604V/10605V/10606V/10607V/10608V/10609V/10610V/10611V/10612V/10613V/10614V/10615V/10616V/10617V/10618V/10619V/10620V/10621V/10622V/10623V/10624V/10625V/10626V/10627V/10628V/10629V/10630V/10631V/10632V/10633V/10634V/10635V/10636V/10637V/10638V/10639V/10640V/10641V/10642V/10643V/10644V/10645V/10646V/10647V/10648V/10649V/10650V/10651V/10652V/10653V/10654V/10655V/10656V/10657V/10658V/10659V/10660V/10661V/10662V/10663V/10664V/10665V/10666V/10667V/10668V/10669V/10670V/10671V/10672V/10673V/10674V/10675V/10676V/10677V/10678V/10679V/10680V/10681V/10682V/10683V/10684V/10685V/10686V/10687V/10688V/10689V/10690V/10691V/10692V/10693V/10694V/10695V/10696V/10697V/10698V/10699V/10700V/10701V/10702V/10703V/10704V/10705V/10706V/10707V/10708V/10709V/10710V/10711V/10712V/10713V/10714V/10715V/10716V/10717V/10718V/10719V/10720V/10721V/10722V/10723V/10724V/10725V/10726V/10727V/10728V/10729V/10730V/10731V/10732V/10733V/10734V/10735V/10736V/10737V/10738V/10739V/10740V/10741V/10742V/10743V/10744V/10745V/10746V/10747V/10748V/10749V/10750V/10751V/10752V/10753V/10754V/10755V/10756V/10757V/10758V/10759V/10760V/10761V/10762V/10763V/10764V/10765V/10766V/10767V/10768V/10769V/10770V/10771V/10772V/10773V/10774V/10775V/10776V/10777V/10778V/10779V/10780V/10781V/10782V/10783V/10784V/10785V/10786V/10787V/10788V/10789V/10790V/10791V/10792V/10793V/10794V/10795V/10796V/10797V/10798V/10799V/10800V/10801V/10802V/10803V/10804V/10805V/10806V/10807V/10808V/10809V/10810V/10811V/10812V/10813V/10814V/10815V/10816V/10817V/10818V/10819V/10820V/10821V/10822V/10823V/10824V/10825V/10826V/10827V/10828V/10829V/10830V/10831V/10832V/10833V/10834V/10835V/10836V/10837V/10838V/10839V/10840V/10841V/10842V/10843V/10844V/10845V/10846V/10847V/10848V/10849V/10850V/1085											

# **ANEXO**

## **N°05:**

### **FICHA TÉCNICA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**



## FREETOX NH-80

### Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

### Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

### Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

### Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

### Calibres

1.5 mm<sup>2</sup> - 300 mm<sup>2</sup>

### Embalaje

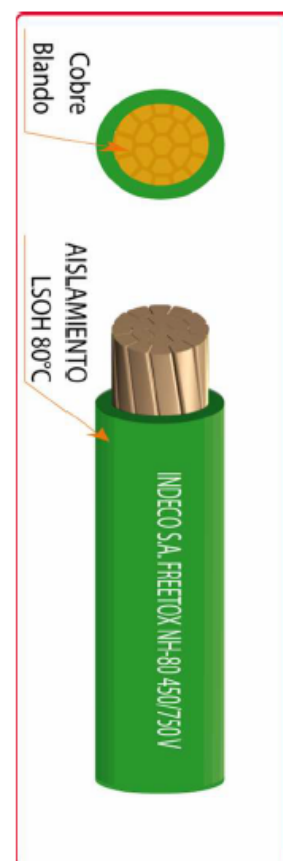
De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>, en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm<sup>2</sup>, en carretes de madera.

### Colores

De 1.5 a 10 mm<sup>2</sup>: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm<sup>2</sup> sólo en color negro <sup>(1)</sup>.



### Norma(s) de Fabricación

NTP 370.252

### Tensión de servicio

450/750 V

### Temperatura de operación

80°C

## TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

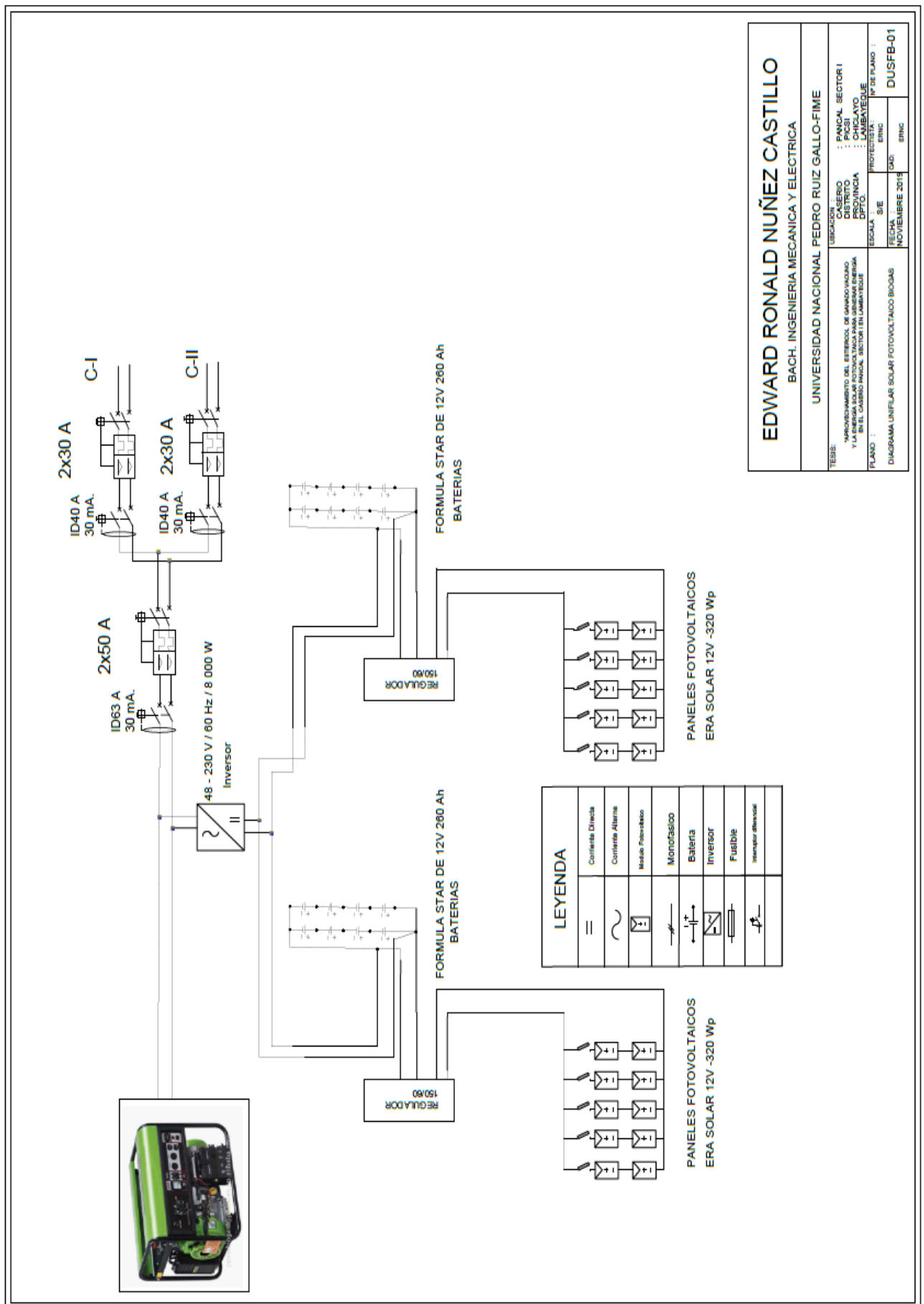
(\*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.

# **ANEXO**

## **N°06:**

**SISTEMA SOLAR  
FOTOVOLTAICO -  
BIOGÁS**



**ANEXO**

**N°07:**

**METRADO Y  
PRESUPUESTO DE LA  
RED SECUNDARIA**



VALOR REFERENCIAL- SUMINISTRO DE MATERIALES					
SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS					
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: "APOYAMIENTO DEL ESTIERCOL DE GANADO VACUNO Y LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA EN EL CASERIO PANCAL SECTOR I EN LAMBAYEQUE"					
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNID.	Metrado Total Cantidad	Costo Unitario S/.	TOTAL S/.
1.00	POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO				
1.01	POSTE DE CAC 8m/200 daN (INCLUYE PERILLA)	u	13,00	645,75	8 394,75
1.02	POSTE DE CAC 8m/300 daN (INCLUYE PERILLA)	u	13,00	410,00	5 330,00
	SUB-TOTAL 1:				13 724,75
2.00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO				
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	1,08	4000,00	4 320,20
2.05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16+16/25	Km		6000,00	
	SUB-TOTAL 2:				4 320,20
3.00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	15,00	13,00	195,00
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	14,00	15,00	210,00
3.03	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUNA	u		5,57	
3.04	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	u		10,50	
3.05	CONECTOR, PARA Al 25mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUNA	u		6,70	
3.06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	u		10,50	
3.07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	u	105,00	0,35	36,75
3.08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	16,00	3,05	48,80
3.09	CINTA AISLANTE	ml	100,00	3,60	360,00
	SUB-TOTAL 3:				850,55
4.00	CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE				
4.04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm <sup>2</sup> , CUBIERTA NEGRA	m		11,76	
4.07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm <sup>2</sup> , CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	465,00	4,90	2 278,50
4.08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm <sup>2</sup>	m	63,00	6,60	415,80
	SUB-TOTAL 4:				2 694,30
5.00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				
5.01	PASTORAL TUBO A°C 38 mm f. INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	1,00	90,00	90,00
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	1,00	196,00	196,00
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	1,00	35,00	35,00
5.04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	1,00	25,00	25,00
5.05	CONECTOR BIMETALICO FORRADO PARA Al 35 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACION	u	1,00	10,50	10,50
5.06	CONECTOR BIMETALICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUNA	u	1,00	5,92	5,92
	SUB-TOTAL 5:				362,42
6.00	RETENIDAS Y ANCLAJES				
6.01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	110,00	4,20	462,00
6.02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°C, 16 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	66,00	9,50	627,00
6.04	VARILLA DE ANCLAJE DE A°C DE 16 mm Ø x 2,40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	u	11,00	35,00	385,00
6.05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A°C, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	11,00	5,00	55,00
6.06	MORDAZA PREFORMADA DE A°C PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	22,00	9,00	198,00
6.07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A°C, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	22,00	2,00	44,00
6.08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mm Ø x 1000 mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREMO	u		70,00	
6.09	ALAMBRE DE ACERO N° 12, PARA ENTORCHADO	m	33,00	1,00	33,00
6.10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	11,00	28,00	308,00
6.11	CONECTOR BIMETALICO FORRADO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16 mm <sup>2</sup> , TIPO CUÑA	u	11,00	6,70	73,70
6.12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETALICO PARA CABLE DE ACERO DE 10 mm Ø Y COBRE DE 16 mm <sup>2</sup>	u	11,00	5,92	65,12
	SUB-TOTAL 6:				2 250,82
7.00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS				
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16 mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,80	
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16 mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	18,00	10,80	194,40
7.03	PERNO DE A°C DE 13 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		7,70	
7.04	PERNO DE A°C DE 13 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	22,00	8,20	180,40
7.05	PERNO CON OJAL, DE A°C DE 16 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,30	
7.06	PERNO CON OJAL, DE A°C DE 16 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	13,00	11,20	145,60
7.07	TUERCA-OJAL DE A°C PARA PERNO DE 16 mm Ø	u		8,30	
7.08	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUD	u		6,58	
7.09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	u	27,00	2,00	54,00
7.11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		185,00	
7.12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°C, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	52,00	4,28	222,56
	SUB-TOTAL 7:				796,96
8.00	PUESTA A TIERRA				
8.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	7,00	43,00	301,00
8.02	CONECTOR BIMETALICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16 mm <sup>2</sup> , TIPO CUNA	u	7,00	7,20	50,40
	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm <sup>2</sup>	u	7,00	6,50	45,50
	SUB-TOTAL 8:				396,90
9.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
9.01	TUBO DE A°C STANDARD / REDONDO DE 19 mm x 1,5 mm x 2,5 m, PROVISTO DE CODO	u	14,50	33,49	485,61
9.06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10 mm f x 64 mm DE LONGITUD	u	29,00	1,20	34,80
9.07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x 50 mm	u	29,00	0,66	19,14
9.08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	116,00	1,00	116,00
9.09	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACION	u	29,00	10,50	304,50
9.10	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUNA	u	29,00	4,30	124,70
9.11	TEMPERADOR DE A°C	u	58,00	2,10	121,80
9.12	CAJA METALICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	29,00	76,66	2 223,14
9.13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	29,00	90,00	2 610,00
	SUB-TOTAL 9:				6 039,69
TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				S/.	31 441,59



VALOR REFERENCIAL					
MONTAJE ELECTROMECHANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA EL PROYECTO: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIERCOL DE GANADO VACUNO Y LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA EN EL CASERIO PANCAL SECTOR I EN LAMBAYEQUE"					
B: MONTAJE ELECTROMECHANICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	METRADO TOTAL CANT.	PRECIO UNIT. S/.	TOTAL S/.
1,00	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>				
	ESTUDIOS DE INGENIERIA DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	650,00	650
1,01	REPLANTEO TOPOGRAFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS E INGENIERIA DE DETALLE DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	413,82	413,82
1,02	PAGO POR COMPENSACION DE SERVIDUMBRE Y DAÑOS	Ha	0,0	0,00	0,00
	SUB-TOTAL 1:				1 063,82
2,00	<u>INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO</u>				
2,01	TRANSPORTE DE POSTE DE CAC 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	26,0	46,95	1 220,70
2,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso)	m³	18,2	34,77	632,81
2,04	IZAJE DE POSTE DE CONCRETO 8 m. INCLUYE NUMERACION Y SENALIZACION DE ESTRUCTURA (*)	u	26,0	44,07	1 145,82
2,05	RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE	m³	19,5	48,84	952,38
	SUB-TOTAL 2:				3 951,71
3,00	<u>INSTALACIÓN DE RETENIDAS</u>				
3,01	EXCAVACION EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m³	20,9	34,77	726,69
3,02	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	u	11,0	35,34	388,74
3,03	INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL	u	0,0	38,70	0,00
3,03	RELLENO Y COMPACTACION PARA INSTALACION DE BLOQUE DE ANCLAJE	m³	27,2	38,05	1 033,82
	SUB-TOTAL 3:				2 149,25
4,00	<u>MONTAJE DE ARMADOS</u>				
4,01	ARMADO TIPO E1, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4,02	ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	13,0	14,79	192,27
4,03	ARMADO TIPO E2, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4,04	ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4,05	ARMADO TIPO E3, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,84	0,00
4,06	ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	7,0	14,82	104,44
4,07	ARMADO TIPO E4, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4,08	ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	3,0	18,41	55,23
4,09	ARMADO TIPO E5, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	28,42	0,00
4,10	ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	2,0	23,14	46,28
4,11	ARMADO TIPO E6, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	32,25	0,00
4,12	ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	1,0	24,85	24,85
	SUB-TOTAL 4:				423,07
5,00	<u>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</u>				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm²	km	0,0		0,00
5,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm²	km	0,0	606,89	0,00
5,05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm²	km	1,1	510,25	551,73
	SUB-TOTAL 5:				551,73
6,00	<u>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</u>				
6,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m³	10,8	31,62	340,86
6,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m³	0,0	112,44	0,00
6,03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	7,0	18,19	127,33
6,04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m³	14,0	45,57	638,44
	SUB-TOTAL 6:				1 106,63
7,00	<u>PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS</u>				
7,01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	1,0	19,63	19,63
7,02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	1,0	34,58	34,58
	SUB-TOTAL 7:				54,21
8,00	<u>CONEXIONES DOMICILIARIAS</u>				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE COMPRENDE :				
	CONEXIÓN DE ACOMETIDA				
	DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
8,01	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MEDIDOR)	u	25,0	35,26	881,50
8,02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MEDIDOR)	u	4,0	42,67	170,68
8,03	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	25,0	11,09	277,25
8,04	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	29,0	20,00	580,00
	SUB-TOTAL 8:				1 909,43
9,00	<u>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</u>				
9,01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,0	452,97	452,97
9,02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD	Glb	1,0	150,00	150,00
	SUB-TOTAL 9:				602,97
TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO				S/.	11 812,82



# **ANEXO**

## **N°08:**

### **RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA (220V)**



# **ANEXO**

## **N°09:**

### **RELACIÓN DE BENEFICIARIOS**

<b><u>PANCAL</u></b>		
<b>Nº</b>	<b>USUARIO</b>	<b>Nº LOTE PLANO</b>
1	MANUELA CHERO DE VIDAURRE	1
2	JABINA CHERO NIZAMA	2
3	BRIGIDA NIZAMA JARAMILLO	3
4	VIDAL SANCHEZ CHERO	4
5	JUAN VIDAURRE CHERO	5
6	VICTOR VIDAURRE CHERO	6
7	MARIO CHERO NIZAMA	7
8	LUCILA CHERO SUCLUPE	8
9	MANUEL VIDAURRE CHERO	9
10	CESAR AUGUSTO VIDAURRE CHERO	10
11	LIGIA CHIMPEN CHERO	11
12	MARIA PAULA VIDAURRE CHERO	12
13	SAÚL CHERO FLORES	13
14	JOSE MIGUEL ANGEL VIDAURRE CHERO	14
15	JOSE CHERO SANTISTEBAN	15
16	SANTOS CHERO SECLÉN	16
17	JUAN FLORES SANTIESTEBAN	17
18	NELSON SÁNCHEZ CHERO	18
19	DANIEL CHERO SÁNCHEZ	19
20	LOCAL COMUNAL	20
21	JACINTO VIDAURRE LLONTOP	21
22	MANUEL CHOZO CHERO	22
23	ERIKA CHERO SUCLUPE	23
24	ANA SUCLUPE CHAVESTA	24
25	TERESA CHISCOL CHAVESTA	25
26	JOSÉ CHAVESTA CHISCOL	26
27	OLGA FLORES SANTIESTEBAN	27
28	FRANCISCO ZEÑA CHERO	28
29	DEMETRIO ZEÑA CHERO	29