

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO
PARA LA USAT UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

WALTER IVAN BURGA MARTINEZ

ASESOR

JONY VILLALOBOS CABRERA

<https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA
ELÉCTRICO PARA LA USAT UTILIZANDO ENERGÍAS
RENOVABLES**

PRESENTADA POR:

WALTER IVAN BURGA MARTINEZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Luis Alberto Gonzales Bazán
PRESIDENTE

Wilson Jiménez Zuloeta Alejandro
SECRETARIO

Jony Villalobos Cabrera
VOCAL

Dedicatoria

A mi familia,

Por ser las personas más importantes en mi vida, mis aliados en los momentos más difíciles y mis cómplices en los momentos más felices.

Por mostrarme la importancia de la educación, los valores morales y el civismo en la sociedad.

Por enseñarme la importancia del amor, la pasión y la perseverancia al perseguir los sueños.

Agradecimiento

A Dios, por cuidar y dirigir cada paso que doy, por bendecirme cada día con una familia hermosa, por poner siempre a las personas adecuadas en mi camino.

A mi familia, por brindarme el soporte y el amor necesario para alcanzar mis metas.

A los docentes de la Usat por todas las enseñanzas brindadas mientras fui estudiante.

Índice

Resumen.....	10
Abstract.....	11
I. Introducción	12
II. Marco Teórico	15
2.1 Antecedentes.	15
2.2 Base teórica	19
2.2.1 Energías renovables.....	19
2.2.1 Sistema de distribución eléctrica.....	26
2.2.3 Marco normativo de Generación Distribuida	33
2.3 Definición de términos básicos	35
III. Marco Metodológico	37
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	37
3.2 Población y muestra.....	37
Población:	37
Muestra:.....	37
3.3 Método de recolección de datos	37
3.4 Procesamiento de datos.....	38
3.5 Hipótesis.....	38
3.6 Operacionalización de variables.....	38
IV. Análisis De Resultados.....	39
4.1. Diagnostico las condiciones energéticas actuales del sistema eléctrico en el campus de Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.....	39
4.1.1. Datos de la empresa:	39
4.1.2. Historial de facturación y consumos	40
4.2. Disponibilidad energética de la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.	46
4.2.1. Energía solar	46
4.2.2. Energía eólica:.....	48
4.3. Determinación de los componentes del sistema Eólico – Fotovoltaico a implementar en la USAT.....	55
4.4. Evaluación y proyección de la demanda existente	61

4.4 Evaluación de los beneficios ambientales y económicos que se obtendrán con el mejoramiento del sistema eléctrico en la USAT.....	67
4.4.1 Evaluación de beneficios ambientales	68
4.4.2 Evaluación económica del sistema a implementar en la USAT	70
Conclusiones	77
Recomendaciones	78
Referencias	79
Anexos	82
Anexo I. Energía fotovoltaica:	82
Anexo I a. Ficha técnica panel solar.....	83
Anexo I b. Ficha técnica del controlador.....	85
Anexo I c. Ficha técnica de la batería.	86
Anexo I d. Ficha técnica del inversor.....	88
Anexo II. Energía eólica.	90
Anexo II a. Ficha técnica del aerogenerador 30PRO.	91
Anexo II b. Ficha técnica del cargador eólico.	93
Anexo II c. Ficha técnica del controlador eólico.	94
Anexo III Calculo de cableado.....	95
Anexo IV. Ficha técnica del cable.....	101
Anexo V. Presupuesto económico.....	103
Anexo VI. Depreciación de materiales del proyecto.....	104
Anexo VII. Flujo de caja.	106
Anexo VIII. Sistema eólico fotovoltaico.....	107
Anexo IX. Área de techado de la USAT.....	108
Anexo X. Área de paneles Solares.	110
Anexo XI. Emisiones de gases MINAM.	112
Anexo XII. Diagrama unifilar.....	115
Anexo XIII. Área del proyecto.....	116

Lista de figuras

Figura 1. Paneles fotovoltaicos [20].	20
Figura 2. Esquema de una aplicación solar térmica: Sistema termosifón [19].	20
Figura 3. Esquemas de sistemas termosolares de concentración [19].	21
Figura 4. Curvas corriente-tensión y potencia-tensión a $T=20^{\circ}\text{C}$ y $G=800\text{ W/m}^2$.	23
Figura 5. Aerogeneradores [20].	24
Figura 6. Rosa de vientos.	25
Figura 7. Flujo de aire a través del rotor de un aerogenerador.	25
Figura 8. Subestación interior [24].	26
Figura 9. Subestación a la intemperie [24].	26
Figura 10. Subestación aérea [24].	27
Figura 11. Subestación compacta subterránea [24].	27
Figura 12. Onda de sobretensión tipo rayo [24].	31
Figura 13. Onda de sobretensión tipo maniobra [24].	31
Figura 14. Ubicación de la USAT	39
Figura 15. Frontis de la USAT	40
Figura 16. Datos generales del suministro.	41
Figura 17. Histórico de facturación de nov 2016 al may 2019	42
Figura 18. Lecturas de may 2016 a may 2019	43
Figura 19 Periodo de recuperación	76

Lista de tablas

Tabla 1. Tensiones máximas del sistema [24].	30
Tabla 2. Operacionalización de variables.	38
Tabla 3. Datos de radiación solar.	47
Tabla 4. Promedio de radiación solar en HPS	47
Tabla 5. Pliego tarifario MT4	59
Tabla 6. Energía de los últimos seis meses.	60
Tabla 7. Recibo mes de abril del 2019.	60
Tabla 8. Consumo de potencia	61
Tabla 9. Cuadro resumen.	64
Tabla 10. Características eléctricas del panel solar	64
Tabla 11. Área techada y del proyecto.	68
Tabla 12 Evaluación económica	71
Tabla 13. Resultados finales.	72
Tabla 14. VAN del proyecto.	73
Tabla 15. TIR del proyecto	73
Tabla 16 Flujo de caja	75
Tabla 17. Valor referencial para suministros de materiales para el sistema eólico - fotovoltaico	103
Tabla 18. Costos de montaje electromecánico.	103
Tabla 19. Costo directo.	103
Tabla 20. Coste de transporte de materiales	104
Tabla 21. Presupuesto total.	104
Tabla 22. Cuadro de Áreas.	109
Tabla 23. Área del proyecto	111
Tabla 24. Codificación y categorías del sector energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas.	112
Tabla 25. Consumo de combustible - empresas generadoras de electricidad.	113
Tabla 26. Factores de emisión por tipo de combustible.	114

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. El sistema eléctrico centralizado ante cambios en el sector.	56
Ilustración 2 Distribución energética de la USAT	58
Ilustración 3. Subestación "A"	58
Ilustración 4. Subestación "B"	59
Ilustración 5. Batería de 260 Ah	66
Ilustración 6. Controlador VICTRON ENERGY	66
Ilustración 7. Inversor de tensión.	67
Ilustración 8. Proyecto eólico fotovoltaico.	70
Ilustración 9. Aerogenerador AIR 30 PRO 3 kW	90
Ilustración 10. Elementos fotovoltaicos que se deprecian.	105
Ilustración 11. Sistema eólico fotovoltaico.....	107
Ilustración 12. Planos USAT.....	108

Resumen

En el presente trabajo de investigación, el objetivo principal es dimensionar un sistema eólico – fotovoltaico, el cual nos va a permitir autoabastecer a la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, ubicada en el distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. La energía promedio de consumo de la universidad es de 80 kWh. Teniendo en consideración que la radiación promedio anual ES DE $4,7 \text{ kWh/m}^2$ (según data del Atlas solar del Perú), con respecto a la velocidad de viento promedio anual es de $6,5 \text{ m/s}$ (de acuerdo a la data obtenida por el Atlas eólico del Perú 2016). El sistema propuesto está conformado por un aerogenerador AIR 30 PRO, 40 paneles fotovoltaicos de 360 Wp, 10 controladores de corriente, 1 inversor de corriente y 20 baterías de 260 Ah; teniendo un coto de inversión de **S/. 425,122.46**. La propuesta de la implementación de este sistema eólico – fotovoltaico, es para fomentar la generación de RER (recursos de energía renovables), y así disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Es de conocimiento público que la USAT, es la primera universidad a nivel del departamento de Lambayeque que está reconocida en la huella de carbono, la cual es una iniciativa del Ministerio del Ambiente para la disminución de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: Aerogenerador, paneles fotovoltaicos, huella de carbono.

Abstract

In the present research work, the main objective is to dimension a wind-photovoltaic system, which will allow us to self-supply the Santo Toribio de Mogrovejo Catholic University, located in the Chiclayo district, Chiclayo province, Lambayeque department. The average energy consumption of the university is 80 kWh. Taking into consideration that the average annual radiation is 4.7 kWh/m² (according to the Peruvian Solar Atlas data), with respect to the annual average wind speed is 6.5 m/s (according to the data obtained by the Wind Atlas of Peru 2016). The proposed system is made up of an AIR 30 PRO wind turbine, 40 360 Wp photovoltaic panels, 10 current controllers, 1 power inverter and 20 batteries of 260 Ah; having an investment reserve of S / . 425 122,46. The proposal for the implementation of this wind - photovoltaic system is to promote the generation of RER (renewable energy resources), and thus reducing greenhouse gas emissions. It is public knowledge that the USAT is the first university in the department of Lambayeque that is recognized in the carbon footprint, which is an initiative of the Ministry of the Environment for the reduction of greenhouse gases.

Keywords: Wind turbine, photovoltaic panels, carbon footprint

I. Introducción

Si bien es cierto hoy en día existe una nueva tendencia de generación eléctrica con fuentes renovables, aún hay una fuerte dependencia de los combustibles fósiles para este fin, dificultando las metas trazadas en materia de uso de energía limpia a nivel mundial. Estas metas van en concordancia del objetivo principal que es la mitigación de los efectos del cambio climático. Por ejemplo, al 2030 se busca aumentar en una gran medida la proporción de energía renovable dentro de la matriz energética mundial y duplicar los índices mundiales de mejora de la eficiencia energética [1]; sin embargo, considerando las políticas actuales, se proyecta que solo el 21 % corresponda al porcentaje de fuentes renovables para dicho año, y que las fuentes modernas crezcan únicamente hasta el 15 % [2].

En el Perú, si bien es cierto se empezó con pie derecho la transición a las energías renovables, se ha visto fuertemente estancada, pues no hay grandes proyectos al respecto. No solamente los proyectos de energías renovables se han retrasado, sino de las demás fuentes; y aunque, actualmente, puede no haber mayor complicación debido a la sobreoferta del Sistema Interconectado Nacional (aun así en algunas zonas rurales hay poco acceso a la energía eléctrica), para el año 2021 el país y sus consumidores sí se verán afectados [3].

Esta realidad causa la baja generación con fuentes renovables no convencionales y limpias, llegando únicamente a 4% del total de la producción eléctrica del país [4]. Lo importante es que el Perú es un país con alto potencial en energías renovables, y sí existen algunas iniciativas de inversión en diversas regiones: energía solar en Arequipa, Tacna y Moquegua; y energía eólica en Piura, Lambayeque y La Libertad [5], [6].

En la actualidad la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo carece de una fuente de energía renovable no convencional que puede ser perfectamente aprovechada para realizar operaciones básicas en contribución al desempeño eficiente de la energía eléctrica en la USAT, y además que tendrán mejoras en el sistema de distribución en general para obtener un mejor porcentaje de eficiencia.

La Universidad Santo Toribio de Mogrovejo cuenta con 23 años de antigüedad y un crecimiento paulatino con soluciones para la demanda existente, pero sin un criterio de la aplicación en nuevas tecnologías determinadas a producir energía mediante el uso de otras fuentes energéticas.

El tener otras fuentes energéticas en las instalaciones de la universidad tendría una importancia relevante en aspectos tales como imagen ya que la implementación de un RER como energía fotovoltaica y eólica nos permitirían ir más allá de nuestras metas trazadas y ya no ser solamente una universidad donde se forjan buenos profesionales, sino también que hace un uso eficiente de la energía aplicando recursos renovables. Esto conllevaría a demostrar una responsabilidad social por el desarrollo sostenible, en lo económico es también un punto positivo porque reduciríamos la tasa de consumo eléctrico y por ende menor importe facturado a la concesionaria, en ambiental se estaría impulsando la promoción de los recursos energéticos no convencionales para la reducción de la contaminación que es causada por los combustibles fósiles.

Entonces, la pregunta de investigación es: ¿De qué manera se pueden aprovechar los recursos energéticos renovables de la ciudad de Chiclayo para cubrir la demanda de energía eléctrica de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – USAT?

Para dar respuesta a ello, se han planteado como objetivo general: Proponer la modificación del sistema eléctrico para la USAT, utilizando energías renovables. Y como objetivos específicos los siguientes:

OE1: Diagnosticar las condiciones energéticas actuales en el campus de la Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo.

OE2: Determinar la disponibilidad energética utilizando referencias existentes desarrolladas en ciudad de Chiclayo.

OE3: Determinar los componentes del sistema Eólico – Fotovoltaico a implementar en la USAT.

OE4: Realizar la evaluación de los beneficios ambientales y económicos que se obtendrán con el mejoramiento del sistema eléctrico en la USAT.

La justificación de la investigación radica en que es necesario e importante extender la tecnología energética renovable en todo el país y, así, fomentar la innovación y la investigación en este campo de estudio. Mientras más proyectos en energías renovables se ejecuten, más información se obtendrá sobre el comportamiento de estos sistemas para cubrir diferentes tipos de demandas y, además, habrá mayor demanda de paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, baterías, haciendo que el mercado mejore sus características técnicas. Asimismo, la posibilidad de conectar a la red pública un generador energético desde el punto mismo del consumidor, mejorará el nivel de tensión de la red, así como su confiabilidad y seguridad.

Desde el punto de vista ambiental, los constantes fenómenos naturales relacionados al cambio climático evidencian la urgencia de optar por tecnologías energéticas amigables con el medio ambiente, es decir que, principalmente, no liberen emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera, causados por tecnologías que recurren a la quema de combustibles fósiles para producir electricidad.

Además, en lo social, desarrollar las energías renovables abre nuevas oportunidades de crecimiento a las personas en todo el mundo: nuevos puestos de trabajo, nuevas investigaciones, mayor acceso a la energía, entre otros aspectos. El mayor acceso a la energía tiene especial importancia debido a que es directamente proporcional al crecimiento económico de una familia, una ciudad y de un país.

Finalmente, en el ámbito económico se puede apreciar dos ventajas del proyecto: disminuir el gasto por el servicio eléctrico público, y servir como base para que otras personas que no tengan este servicio puedan verse beneficiadas ejecutando un proyecto similar. Como ya se ha mencionado, el acceso a la energía trae consigo mejores oportunidades de crecimiento, viéndose reflejado en mejores oportunidades para ejercer un empleo, para estudiar, para mejorar la alimentación, para tener una mejor calidad de vida.

II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes.

En el mundo

Hincapié, Home y Gallego, en el 2017, publicaron un artículo donde presentan un modelo nuevo para la expansión de redes de distribución eléctrica con sistemas de generación distribuida, considerando un planeamiento multietapa coordinado. Como metodología implementaron un programa no lineal entero mixto y se solucionó empleando un algoritmo de búsqueda tabú. Para cada etapa del horizonte de planeamiento se tuvo en cuenta la conexión de nuevos elementos, tales como alimentadores, subestaciones y generadores distribuidos, así como el aumento de la capacidad de elementos y costos operativos relacionados a las pérdidas técnicas de energía en alimentadores. Al final de la investigación, se logró validar la metodología propuesta al encontrar menores costos frente a dos situaciones de la literatura: planeamiento multi-etapa no coordinado y coordinado (ambos sin generación distribuida) [7].

Rodríguez *et al* (2014) investigaron sobre el ciclo de vida de la generación distribuida en la ciudad de Cienfuegos (Cuba). Dentro de su metodología, evaluaron y compararon el perfil ambiental de la generación distribuida con respecto a otras fuentes de generación de energía eléctrica, empleando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, amparada por la norma NC ISO 14040, así como el método de evaluación por categorías de impacto ECO-SPEED, a través del software OPENCA 2.1 y apoyado por las herramientas estadísticas STATGRAPHICS 15 y DECISION-TOOLS 5.1. Como resultado, se destacan un conjunto de medidas que pueden ayudar a la disminución del consumo de los recursos y del impacto ambiental que se produce [8].

Peña, en su tesis doctoral en la Universidad Nacional de La Plata del año 2016, propuso una metodología para controlar sistemas de generación distribuida renovable (eólica) mediante conceptos de pasividad y de moldeo de potencia, que comprenden un cálculo de balance de energía y que son desarrollados bajo la teoría de sistemas hamiltonianos.

El objeto de estudio fue el generador asincrónico de una turbina eólica con conexión a red. Entre las conclusiones, se puede mencionar que para el sistema de control propuesto no hace falta alguna coordinación con otros controladores a través de la estructura analizada. Esto hace factible el estudio de casos para utilizar una estrategia de control del aerogenerador tendiente a estabilizar la microred cuando el mismo posea capacidad de actuación [9].

Campusano (2013) en su proyecto de titulación de la Universidad de Chile, estudia el impacto que tiene la generación distribuida sobre la operación del sistema de distribución. Emplea el software Power Factory de DigSilent para su análisis, realizando simulaciones de flujo de carga, cálculo de cortocircuito y un estudio de transiente de dos generadores distribuidos en cada uno de los alimentadores rurales seleccionados. Entre las conclusiones se observa que, al conectar los generadores distribuidos al final de los alimentadores, las pérdidas en las líneas disminuyen en un 50% [10].

En Perú

Bojórquez, en el año 2018, plantea un parque eólico marino como fuente de generación eléctrica para las regiones de Ica, Piura y La Libertad. Utiliza, como parte de su metodología, el Atlas Eólico del Perú para determinar el potencial energético a partir de esta fuente y, así, poder evaluar su viabilidad. Asimismo, realiza un análisis del marco regulatorio legal para complementar su estudio. Como conclusión, destaca que la producción anual de energía eléctrica fue de 15.74 GWh para la zona marina de Talara, 17,75 GWh para Pacasmayo y 22,74 GWh para Nazca. Finalmente, se aprecia que el emplazamiento de estudio con mayor potencial de vientos se encuentra en la región Ica [11].

Sánchez, en el año 2014, como parte de su trabajo de titulación dentro de la Universidad Nacional de San Agustín (Arequipa) estudió los efectos que tiene un sistema de generación distribuida sobre los mecanismos de protección de una red radial típica en 10 kV de dicha ciudad. Empleando como parte de la metodología un estudio de coordinación de protecciones de sobrecorriente y ajuste de protecciones, se logró solucionar el problema de aporte de corrientes de cortocircuito por parte del generador

distribuido, y además se logró superar la dificultad sobre la operación en isla del sistema en cuestión mediante una selección adecuada del esquema de protección con las funciones de protección necesarias recomendadas por la norma IEEE 1547. Finalmente se pudo validar la hipótesis mediante una metodología secuencial, la cual muestra detalladamente un caso de estudio correspondiente a la interconexión de un sistema de generación distribuida en el lado de baja en 10 KV de la subestación Porongoche 33/10 KV que alimenta a todo el centro comercial Mall Aventura Plaza [12].

Quicio, también para optar el Título de Ingeniero Mecánico Electricista en el año 2016, enfocó su estudio al suministro de energía eléctrica a un centro educativo a través de energía eólica. En primer lugar, evaluó las características del viento de la zona para determinar su potencial eólico, y con esta información definió el dimensionamiento del aerogenerador que cubriría su demanda de electricidad. Como resultado, se seleccionó un aerogenerador de eje vertical tipo savonius de 5 kW de potencia, lo que significaría un presupuesto de S/. 16 300,86 [13].

Chercca (2014) también propuso un sistema renovable para suministrar energía a un centro poblado rural, recurriendo a las fuentes solar y eólica. Se evaluaron ambas tecnologías por separado y en combinación. Se parte de la evaluación del potencial energético, como en el caso de Quicio, observando velocidades del viento de 5,3 m/s y una radiación solar de 5,75 kWh/m². Como resultado, se obtuvo un sistema compuesto por un aerogenerador de 2 kW y 28 paneles fotovoltaicos de 240 Wp, además de sus elementos complementarios, dispuestos para brindar una energía de 49,25 kWh/día [14].

En Lambayeque

Chapoñán (2018) dimensionó un sistema fotovoltaico para producir y brindar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala, ubicado en Morrope, Lambayeque. Como en casi todas las investigaciones de este tipo, se levantó información de la NASA y del SENAMHI, de donde se determinó un valor de radiación solar de 4,01 kWh/m²/día. La mini central eléctrica fotovoltaica obtenida comprende 60 paneles fotovoltaicos de 185 Wp de potencia cada uno, 48 baterías, 3 reguladores de carga y 3 inversores,

sumando una potencia total instalada de captación de energía de 11,10 kWp. El presupuesto estimado fue de S/. 470 029,95 [15].

Cieza (2017) diseñó un generador solar fotovoltaico para suministrar de electricidad al sistema de alumbrado del Hostal Lancelot, ubicado en la calle Alfonso Ugarte N° 639 en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo, que tiene un consumo de energía promedio diario de 17,39 kWh/día. El sistema diseñado fue de 6,48 kWp, con una inversión de S/. 146 382,30 [16].

Lossio (2016), en su trabajo de titulación, diseñó un sistema solar fotovoltaico para suministrar electricidad al caserío Señor de la Humildad, distrito Incahuasi, Lambayeque. La investigación inicia con el cálculo de la cantidad de energía eléctrica que requiere la población aludida (actual y con proyección a 20 años) y, de esta manera, poder dimensionar el generador, es decir, seleccionar paneles, regulador, inversor y demás componentes. Se obtuvo una minicentral fotovoltaica de 18 kWp, compuesto por 65 paneles de 275 Wp y un inversor de 6 kW. El presupuesto para ejecutar el proyecto fue estimado en S/. 340 436,90, con una VAN de -S/. 246 348,17 y un TIR de -6%, concluyendo que no es viable económicamente, salvo mediante un subsidio del Estado [17]

Bravo y Gamarra (2016) diseñaron un sistema fotovoltaico con el objetivo de cubrir la demanda de energía correspondiente a los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Dentro de su metodología, optaron por el software METEONORM 7.0 para la estimación de la radiación solar. La carga conectada se calculó utilizando una pinza amperimétrica y también se apoyó en las fichas con las características técnicas de los equipos del laboratorio. El sistema fotovoltaico propuesto es de 27 kW y el presupuesto total para la ejecución de dicho sistema es de \$36 205 [18]

2.2 Base teórica

2.2.1 Energías renovables

En primer lugar, debe tenerse en claro la definición del concepto de energía, la cual es la capacidad propia de la materia para generar un trabajo: trabajo mecánico, propagación de luz, producción de calor, etc. Asimismo, la energía puede ser observada en diferentes circunstancias: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, térmica, radiante, etc., pudiendo transformándose entre sí, pero respetando siempre el principio de conservación de la energía [19].

Por su parte, las energías renovables son aquellas que pueden obtenerse continuamente y no se agotan a escala humana, en otras palabras, se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, los cuales se encuentran en cantidades o reservas limitadas y agotables en un plazo que puede ser estimado. Las principales formas de energías renovables que existen son: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas. A excepción de estas últimas, las energías renovables provienen, de forma directa o indirecta, de la energía del Sol [19].

A. Energía solar

Es una energía renovable que se obtiene a partir de la captación de radiación electromagnética procedente del sol. El calor y la luz del sol se pueden aprovechar por medio de diversos captadores, como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que permiten su transformación en energía eléctrica o térmica [20].

Como ya se mencionó, existen diversas formas de aprovechamiento de la energía solar, de las cuales se detallarán algunas a continuación:

- Solar fotovoltaica: Esta tecnología consiste en la generación de electricidad directamente de la radiación solar mediante un mecanismo semiconductor llamado célula o celda fotovoltaica, o una

deposición de metales sobre un sustrato denominado célula solar de película fina [20].



Figura 1. Paneles fotovoltaicos [20].

- Solar térmica: Esta tecnología aprovecha la energía solar para obtener calor que puede utilizarse para la cocción de alimentos, para calentamiento de agua para aplicaciones sanitarias o para calefacción de un ambiente. También existe una aplicación para generar energía mecánica y, a partir de ella, energía eléctrica [20].



Figura 2. Esquema de una aplicación solar térmica: Sistema termosifón [19].

- Termosolar de concentración: Dentro de la tecnología solar térmica, ésta tiene la aplicación específica de generar electricidad mediante un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura, por ejemplo, produciendo vapor y accionando una turbina [20].

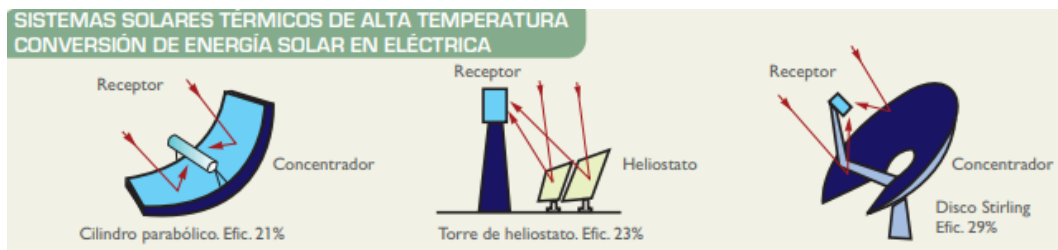


Figura 3. Esquemas de sistemas termosolares de concentración [19].

Para estimar la radiación solar existen diversos métodos o modelos, algunos de los cuales se detallan a continuación [21]:

- Modelo Angstrom-Prescott: Basado en las horas de sol relativas, es el más empleado y se rige por la siguiente ecuación:

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{n}{N} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

H : Irradiación solar medida en la superficie

H₀ : Irradiación solar en el tope de la atmósfera

n : Horas de sol efectivas o heliofanía

N : duración astronómica del día para una fecha del año y latitud específicos

a : Coeficiente empírico

b : Coeficiente empírico

- Modelo Bristow-Campbell: Estima la irradiación solar en función de la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima de un día específico. Se cumple la siguiente fórmula:

$$\frac{H}{H_0} = a_B [1 - \exp(-b_B \Delta T^{c_B})] \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde a_B, b_B y c_B son coeficientes físicos y dependen de diversos parámetros como la transmisividad, contaminación atmosférica y la altitud.

Por otra parte, se deben estudiar las ecuaciones que rigen la obtención de energía eléctrica a partir de una célula fotovoltaica. La célula fotovoltaica

funciona debido al efecto fotoeléctrico, que se da por un dispositivo que tiene una unión p-n, que representan a dos semiconductores diferentes, con diferentes concentraciones de electrones, que, al buscar el equilibrio, provoca un movimiento de electrones, que no es otra cosa que una corriente eléctrica llamada corriente de diodo. La corriente de una célula solar cuenta con dos componentes: la corriente de iluminación o fotocorriente, y la corriente de oscuridad o corriente de diodo. La corriente total se calcula de la siguiente manera [22]:

$$I = I_L - I_O \left[\exp\left(\frac{V}{m \cdot V_T}\right) - 1 \right] \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

I_L : Fotocorriente

I_O : Corriente de saturación en oscuridad del diodo

V : Tensión aplicada al diodo

m : Factor de idealidad del diodo

V_T : Potencial térmico

Asimismo, se tiene en cuenta otros parámetros como la corriente de cortocircuito I_{sc} y la tensión a circuito abierto V_O , las cuales se calculan así:

$$I_{sc} = I(V = 0) = I_L \quad \text{Ecuación 4}$$

$$V_O = V(I = 0) = m \cdot \frac{k \cdot T_c}{e} \cdot \ln\left(\frac{I_L}{I_O} + 1\right) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

k : Constante de Boltzmann

T_c : Temperatura de diodo

e : Carga del electrón

Existe, además, un parámetro correspondiente al punto de máxima potencia, definido por:

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I_{mpp}}{V_{mpp}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Finalmente, se definen los parámetros factor de forma y eficiencia:

$$FF = \frac{I_{mpp} \cdot V_{mpp}}{I_{sc} \cdot V_O} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\eta = \frac{I_{mpp} \cdot V_{mpp}}{P_L} \quad \text{Ecuación 8}$$

Estos parámetros de funcionamiento de una célula fotovoltaica pueden observarse en la siguiente imagen:

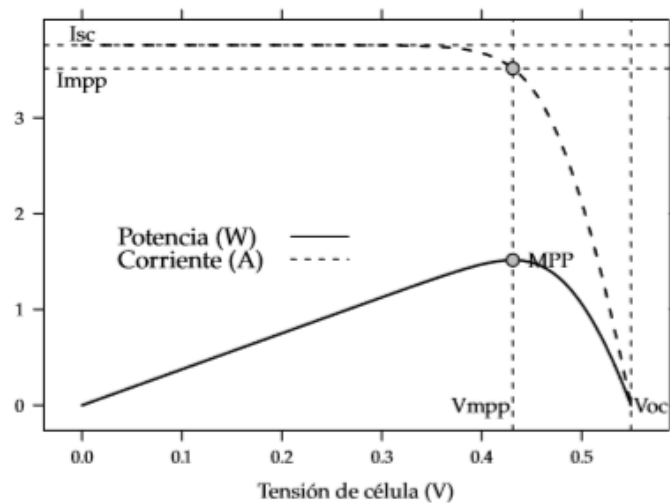


Figura 4. Curvas corriente-tensión y potencia-tensión a $T=20^{\circ}\text{C}$ y $G=800 \text{ W/m}^2$.

B. Energía eólica.

Se obtiene a partir de la energía cinética del viento, generada por efecto de las corrientes de aire, y convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas. Actualmente, la energía eólica se utiliza, principalmente, para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución [20].



Figura 5. Aerogeneradores [20].

El origen del viento y las corrientes de aire radica en los gradientes horizontales de presión dentro de la atmósfera, los cuales, de manera indirecta, son ocasionados por la radiación solar captada sobre la Tierra; en otras palabras, la atmósfera funciona como una gran máquina térmica en la que la diferencia de temperatura existente entre los polos y el ecuador entrega la energía necesaria para la circulación atmosférica. Este fenómeno, junto con la fuerza de la gravedad equilibra el movimiento del viento [23]:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho \cdot g \quad \text{Ecuación 9}$$

Una herramienta muy empleada para estimar el potencial eólico es la Rosa de Vientos, en la cual se representa la variación en cuanto a la dirección del viento y su frecuencia.

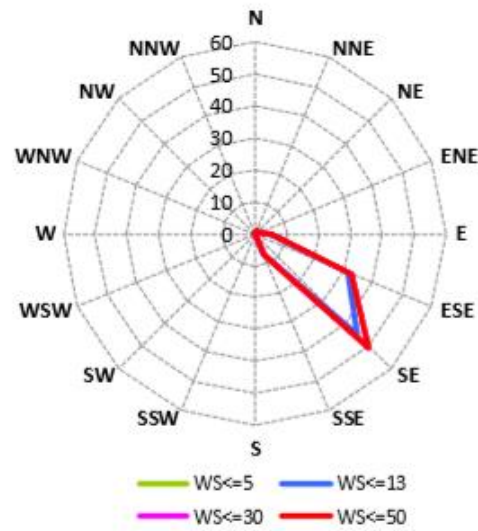


Figura 6. Rosa de vientos.

El siguiente es un esquema del rotor de un aerogenerador que ayudará a estimar la potencia entregada por dicho elemento:

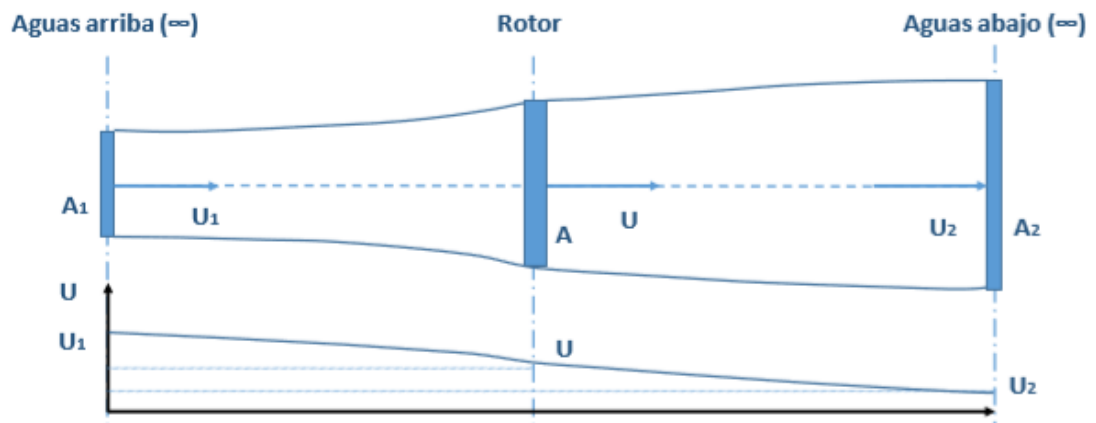


Figura 7. Flujo de aire a través del rotor de un aerogenerador.

A partir de la ecuación de Bernoulli, la ecuación de la continuidad y la de la conservación de la masa, se puede obtener la ecuación de la potencia extraída en un aerogenerador:

$$P = \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot A \cdot (U_1^2 - U_2^2) \cdot (U_1 + U_2) \quad \text{Ecuación 10}$$

Asimismo, la potencia incidente sobre el rotor es:

$$P_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot U_1^2 \quad \text{Ecuación 11}$$

2.2.1 Sistema de distribución eléctrica

La parte más importante de un sistema de distribución eléctrica es la subestación, la cual es, en pocas palabras, un transformador. Considerando que el objeto del proyecto abarca una carga de consumo grande como la de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, es preciso hacer un repaso de estos sistemas.

a. Tipos de subestaciones

Interior: Todos los equipos de maniobra, protección y control se encuentran dentro de una instalación cerrada, sin estar expuestos al medio ambiente [24].



Figura 8. Subestación interior [24].

Intemperie: Todos los equipos de maniobra, protección y control se encuentran expuestos al medio ambiente [24].



Figura 9. Subestación a la intemperie [24].

Aérea: En esta instalación el transformador y sus componentes auxiliares se encuentran soportados por uno o dos postes, a una cierta altura del suelo [24].



Figura 10. Subestación aérea [24].

Compacta subterránea: Es una instalación especial en la que una cuba contiene el transformador y sus equipos, y se ubica debajo del nivel del suelo. Utilizados para bajas potencias [24].

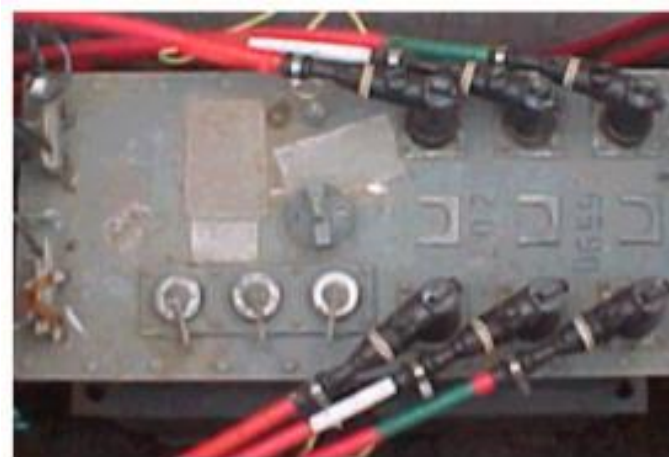


Figura 11. Subestación compacta subterránea [24].

Compacto pedestal: Similar a la descrita anteriormente, con la diferencia de que su ubicación es por encima del nivel del suelo. Se cuida de restringir el acceso a personal ajeno a las actividades de mantenimiento [24].

Interior de edificios: Es del tipo interior, añadiendo el hecho de que se ubica en un ambiente de fácil acceso del edificio [24].

b. Elementos principales de las subestaciones

Transformador: Es el equipo principal de un sistema de distribución, que tiene como objetivo modificar su nivel de tensión, ya sea para el transporte, medición o consumo de la energía [24].

Interruptor automático: Conecta y desconecta el sistema para labores de mantenimiento [24].

Relé de sobrecorriente: Suspende el paso de la energía ante una elevación excesiva de la corriente eléctrica [24].

Seccionador: Corta el paso de la corriente eléctrica de manera manual, para la verificación y corrección de una falla [24].

Fusible: Elemento de protección que utiliza un filamento metálico, el cual se funde al pasar por él una sobrecorriente, basado en el efecto Joule [24].

Pararrayos: Elemento que soporta las sobretensiones del sistema, principalmente las atmosféricas [24].

Aislador: Como su nombre lo indica, aísla la corriente eléctrica que pasa por el conductor, de la estructura del transformador u otro elemento de soporte [24].

Puesta a tierra: Sistema que deriva las fugas de corriente de una instalación hacia el suelo, protegiendo a las personas y los equipos de su interior [24].

Instrumentos de medición: Son los equipos encargados de registrar los diferentes parámetros que intervienen en el funcionamiento de un sistema de distribución: tensión, corriente, energía, potencia, frecuencia, temperatura, entre otros [24].

Conductores eléctricos: Son los elementos que trasladan la energía eléctrica de un punto a otro. Son fabricados principalmente de cobre y/o aluminio [24].

Terminales de media tensión: Elementos que unen a los conductores eléctricos con alguna estructura de soporte o equipo [24].

c. Consideraciones de diseño

Todo sistema eléctrico de distribución debe ser diseñado siguiendo los siguientes criterios o conceptos:

Confiabilidad: El sistema, ante una falla detectada, es capaz de continuar con el suministro eléctrico [24].

Flexibilidad: Capacidad del sistema de adaptarse a modificaciones, ampliaciones y labores de mantenimiento [24].

Seguridad: El sistema tiene una baja probabilidad de ocurrencia de falla, debido a la óptima configuración de sus sistemas de protección [24].

d. Sobretensiones

Son esfuerzos eléctricos que dañan a los elementos del sistema de distribución. Se deben caracterizar de la mejor manera para poder seleccionar la protección adecuada [24].

Sobretensiones temporales: Son sobretensiones que pueden durar varios segundos y tienen una frecuencia parecida a la de operación (60 Hz). Pueden causarse por fallas a tierra, pérdidas de carga o resonancia eléctrica [24].

Sobretensiones de frente lento: Son sobretensiones de tipo oscilatorio, de corta duración, con frentes de onda y tiempos de cola que van desde varios cientos de microsegundos hasta varios milisegundos. Su frecuencia varía entre 2 y 20 kHz. Sus principales causas son la energización de líneas aéreas, rechazo de carga, corte de corrientes capacitivas o inductivas y descargas atmosféricas [24].

Sobretensiones de frente rápido: Son sobretensiones de duración muy corta, que normalmente implican picos de tensión muy por encima a la tensión máxima de operación de la red. La forma de onda de tensión es la normalizada al impulso de tensión tipo rayo. El tiempo de pico es de 1,2 μ s y el tiempo a la mitad de cola es de 50 μ s. El origen principal y más frecuente de las sobretensiones de frente rápido es la descarga atmosférica, es decir, por el impacto directo de rayos sobre las líneas eléctricas y subestaciones o inducidas por rayos que impactan en zonas cercanas a una línea o subestación [24].

Tensión máxima del sistema: Es el máximo valor de tensión que puede registrarse durante una operación normal del sistema, en cualquier momento y en cualquier lugar [24].

Tabla 1. Tensiones máximas del sistema [24].

Tensión nominal (kV)	Tensión máxima del sistema (kV)
10	10,5
13,2 / 7,62	13,8
20	21
22,9 / 13,2	24

Onda de sobretensión tipo rayo: Las ondas de sobretensión en líneas aéreas eléctricas causadas por el impacto del rayo pueden ser de diversas formas; sin embargo, los registros obtenidos durante tormentas han

mostrado que estas ondas pueden representarse como una onda unidireccional aperiódica de frente abrupto o escarpado amortiguada, que a efectos de caracterizar el aislamiento de un aparato con relación a la solitud del rayo puede ser estandarizada por una onda 1,2/50; es decir, una onda cuya duración convencional de frente, es de 1,2 μ s y la duración convencional hasta el semivalor de su amplitud en la cola es de 50 μ s [24].

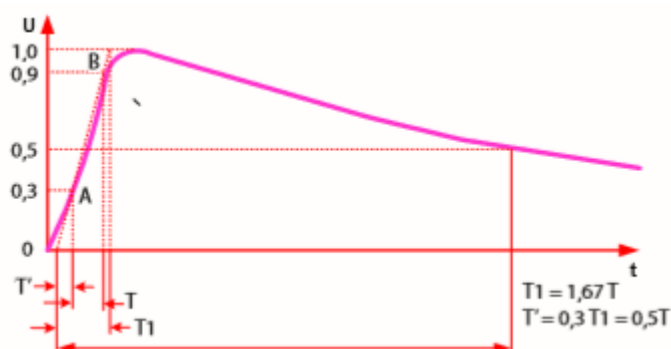


Figura 12. Onda de sobretensión tipo rayo [24].

Onda de sobretensión tipo maniobra: En líneas de alta tensión, las maniobras de corte del circuito son fuentes de sobretensiones unidireccionales de frente abrupto amortiguadas que son representadas a efectos de ensayos por una onda de choque 250 / 2 500 μ s, es decir, por una onda de valores de 250 μ s para el pico y de 2,500 μ s para la longitud total [24].

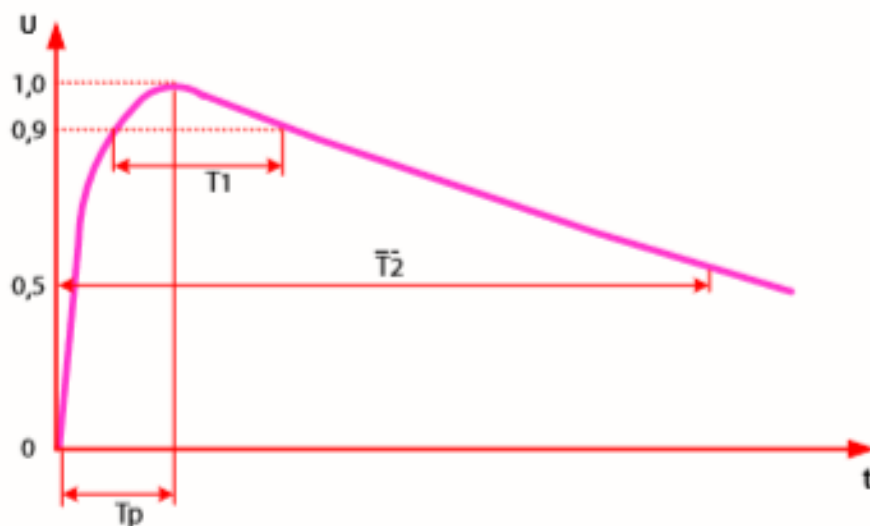


Figura 13. Onda de sobretensión tipo maniobra [24].

e. Cálculos eléctricos

Caída de tensión: Es la diferencia de tensión entre el punto de entrega de la energía y el punto de su consumo [25].

$$\Delta V\% = \sqrt{3} \cdot I_N \cdot L(R \cos \phi + X \sin \phi) / V_N \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

I_N : Corriente nominal (A)

L: Longitud de conductor eléctrico (km)

R: Resistencia del conductor (Ω/km)

X: Impedancia del conductor (Ω/km)

Φ : Ángulo entre potencia activa y potencia aparente

V_N : Tensión nominal del sistema (V)

Corriente nominal: Corriente eléctrica en operación normal del sistema [25].

$$I_N = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_N} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

S: Potencia aparente (kVA)

V_N : Tensión nominal (kV)

Corriente de cortocircuito: Es la corriente estimada bajo condiciones de falla por cortocircuito [25].

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot V_N} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

S_{CC} : Potencia de cortocircuito (kVA)

2.2.3 Marco normativo de Generación Distribuida

La Generación Distribuida es la combinación de al menos dos generadores eléctricos de baja potencia pertenecientes a los usuarios, principalmente de fuentes renovables (solar, eólica, biomasa y pequeñas hidroeléctricas), al Sistema Interconectado Nacional o, llamado también, red eléctrica pública [26].

Este tipo de conexión tiene como fin fundamental autoabastecerse de electricidad, sin embargo, hay circunstancias bajo las cuales se produce mayor energía de la que se consume; es ahí donde se precisa propiciar la opción de suministrar dicha diferencia de energía a la misma red pública, a cambio de un beneficio económico. Este mecanismo técnico-económico está reglamentado en varios países, pero en Perú recién se ha propuesto un proyecto de Ley para regular este mercado, que se detallará a continuación [26]:

El sistema de Generación Distribuida puede ser de dos tipos, según su potencia instalada, y cada uno tiene sus condiciones de operación:

- Mediana Generación Distribuida (MGD): Este tipo de generador distribuido tiene una potencia mayor a 200 kW y menor a 10 MW, asimismo, la conexión se realiza en media tensión.

El usuario, ya sea persona natural o jurídica, interesado en implementar esta instalación deberá comunicar su intención a la Empresa de Distribución Eléctrica de su zona (Electronorte S.A. para el caso de Lambayeque), describiendo las características generales del proyecto y solicitando la información debida de los procedimientos. Una vez brindada dicha información, a continuación, se realizará el Estudio de Conexión, pudiendo ser realizada por el interesado mismo o la concesionaria de la distribución eléctrica. Ya sea realizado por una u otra parte, el interesado asume los costos relacionados a esta etapa. A partir de este momento, existen diversos plazos entre las diferentes comunicaciones desde la aprobación y la firma de Convenio de Conexión y Operación, considerando el posible levantamiento de observaciones al Estudio de

Conexión. En caso de no llegar a un acuerdo ambas partes, la solicitud se destinará a OSINERGMIN, que es el ente regulador.

En el Convenio de Conexión y Operación se consignan las condiciones de conexión y despacho de acuerdo a los protocolos de la Empresa de Distribución Eléctrica, así como la fecha de conexión. Estas condiciones deberán ser aprobadas por OSINERGMIN y, según sea el caso, por el COES. Se hace hincapié que este Convenio no incluye condiciones comerciales.

Los gastos relacionados a la conexión serán cubiertos por el usuario Interesado.

El control de esta instalación será coordinado por la Empresa de Distribución Eléctrica, con quien habrá una información fluida de los datos de operación. Por lo tanto, el Interesado estará subordinado a las instrucciones de la Empresa Distribuidora. Para su funcionamiento se debe instalar un medidor bidireccional, el cual registra la cantidad de energía inyectada tanto hacia el domicilio como a la red pública.

La energía generada bajo este sistema podrá ser comercializada mediante contratos de suministro. El monto de pago, ya sea por energía o potencia, será determinado por OSINERGMIN. El suministro puede ser para usuarios regulados, usuarios libres, en licitaciones, o al Mercado Mayorista (COES). Los precios en la mayoría de casos pueden ser libremente acordados.

- Microgeneración Distribuida (MCD): La potencia de esta instalación no supera los 200 kW. La conexión puede ser en baja tensión o media tensión.

En esta clase de sistema, el Estudio de Conexión será realizado por la Empresa de Distribución Eléctrica, previa solicitud de factibilidad de conexión presentada por el Interesado. De igual manera que la MGD, el Interesado cubre los gastos asociados a la conexión.

A diferencia de la instalación MGD, la microgeneración no requerirá una previa coordinación con la Empresa de Distribución.

En este tipo de conexión, la comercialización se basa en créditos de energía, constituidos por los Excedentes de Energía generados por el Interesado. Es decir, la cantidad de energía que no consume el propio Interesado y es inyectado a la red representa un monto que será descontado de la facturación del mes siguiente.

En caso de discrepancias, OSINERGMIN es el encargado de resolverlas.

2.3 Definición de términos básicos

Energía: Capacidad de un cuerpo para producir un trabajo.

Energía solar: Energía proveniente de la radiación emitida por el Sol y que puede ser aprovechada en forma de electricidad o calor.

Energía eólica: Energía proveniente del movimiento del aire y que puede ser aprovechada para trabajo mecánico y generación de electricidad.

Energía renovable: Energía proveniente de recursos naturales de flujo ilimitado, es decir, que no se acaban.

Energía renovable no convencional: Es la energía ilimitada, de aprovechamiento continuo, que se encuentra poco extendida: solar, eólica, biomasa, geotérmica, minihidráulica. En cuanto a energía minihidráulica, se refiere a la hidráulica con una potencia menor a 20 MW.

Generación Distribuida: Sistema de integración de generadores eléctricos en los puntos de consumo de la red eléctrica pública.

Subestación eléctrica: Conjunto de equipos, entre ellos el transformador y diversos elementos de protección, maniobra y control, que acondicionan un nivel de tensión para el transporte, medición o consumo de la energía eléctrica.

Punto de diseño: Es el lugar asignado por el concesionario de la distribución eléctrica a partir del cual se debe iniciar el Proyecto de Sistema de Utilización en Media o Baja Tensión.

Sistema aislado: Sistema de generación eléctrica que no se encuentra conectado a la red eléctrica nacional. Se utiliza principalmente en zonas rurales alejadas.

Sistema conectado a red: Sistema de generación eléctrica que sí se encuentra conectado al sistema interconectado nacional.

Sistema híbrido: Conjunto de dos o más sistemas, de diferentes fuentes, para generar energía eléctrica.

Sobretensión: Falla eléctrica que consiste en una elevación del valor de tensión, a un valor muy superior al valor normal de operación.

Transformador: Máquina eléctrica que eleva o disminuye tanto el valor de tensión como de corriente de acuerdo a un fin, pero manteniendo el nivel de potencia.

III. Marco Metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación.

Esta investigación se caracteriza por ser de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y con un diseño no experimental, siendo este último la observación de fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en un determinado contexto, para luego ser analizados y posteriormente contribuir con la solución del problema suscitado, mejorando el desarrollo y el bienestar social.

3.2 Población y muestra.

Población:

Según Ñaupas et al [27] detalla que la población es el conjunto de elementos o individuos que tienen características comunes que lo asocian como el conjunto de unidades de estudio. En ese sentido la población tomada para el presente trabajo de investigación será el Sistema Eléctrico de la USAT.

Muestra:

Ñaupas et al [27] manifiesta que la muestra es una parte pequeña de la población, constituida por la más característica, en la cual se aplicaron los instrumentos de recolección de datos y está representada por personas, cosas elementos, procesos, según lo expuesto, este caso la muestra es poblacional para el trabajo de investigación en donde determinaremos diferentes equipos a utilizar en el sistema eléctrico de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

3.3 Método de recolección de datos

Se utilizará la recolección de datos históricos de mapas solares, eólicos, radiación solar y todos los tipos de energías renovables existentes en la región y luego realizar un análisis para determinar que fuente de energía es la más conveniente para poder diseñar dicho sistema. A su vez la data de la demanda de la población, también se realizará por medio de documentos históricos de su medidor, para posteriormente determinar cuánto se va generar.

3.4 Procesamiento de datos

Se utilizará estadística descriptiva y la media arimétrica.

3.5 Hipótesis.

Mediante el uso de energías renovables se mejorará el sistema eléctrico en la USAT.

3.6 Operacionalización de variables.

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Variable independiente Sistema eólico fotovoltaico	Los sistemas híbridos es una tecnología la cual está preparada para poder cubrir las demandas de los consumidores a través de la fusión de energías renovables. Así se pueden resolver problemas de forma individual y a su vez se potencia las virtudes.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico y el sistema eólico.	Data de radiación solar (fuentes varias). Data de velocidad de viento (fuentes varias). Selección de aerogenerador (kW). Selección de panel fotovoltaico (kWp). Controladores de corrientes. Baterías (Ah). Inversores (P). Elementos de protección.
Variable dependiente Sistema eléctrico USAT	Contiene el conjunto de medios y elementos útiles para poder generar, transportar y distribuir la energía eléctrica. Esto está dotado por mecanismos de control protección y seguridad.	Determinar la energía promedio diaria y de la tensión de salida del sistema.	Energía promedio diaria (kW.h). Tensión de salida o suministro (V). Potencia (kW).

Fuente. Elaboración propia.

IV. Análisis de Resultados

4.1. Diagnostico las condiciones energéticas actuales del sistema eléctrico en el campus de Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

4.1.1. Datos de la empresa:

Razón social: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

R.U.C.: 20395492129.

Página web: www.usat.edu.pe

Sector económico: Enseñanza superior, actividades empresariales
NCP.

Fecha de inicio: 04 de enero de 1999.

Locación: Avenida San Josemaría Escriva de Nro. 855, Chiclayo,
Chiclayo, Lambayeque.



Figura 14. Ubicación de la USAT

Fuente: Google Maps: Avenida San Josemaría Escriva de Nro. 855, Chiclayo, Chiclayo, Lambayeque.



Figura 15. Frontis de la USAT

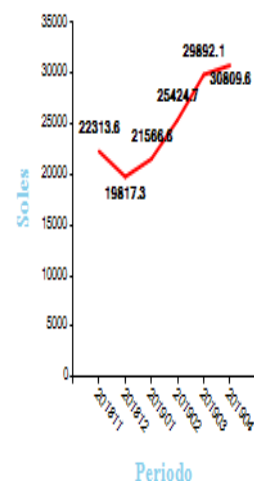
Fuente: Google Maps: Avenida San Josemaría Escriva de Nro. 855, Chiclayo, Chiclayo, Lambayeque.

4.1.2. Historial de facturación y consumos

Teniendo en conocimiento que la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo es un cliente mayor en la empresa Electronorte S.A. (ENSA), teniendo un contrato de facturación MT4 (Media tensión 4), el cual por su consumo mensual por encima de los S/ 30 000,00 (treinta mil soles 0/00).

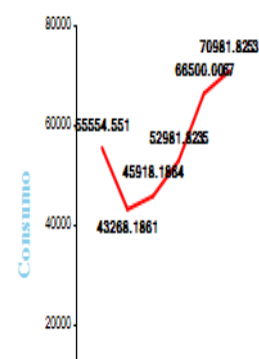
Datos Generales del Suministro				Dato de la Deuda	
NroServicio	26249025	Sector	(1299) CHICI	Recibos Deuda	0
Nombre	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJC	RutaLectura	10660 - 30 -	Deuda Anterior	0.00
Documento	RUC-20395492129	Servicio	Energía Postl	Ultimo Recibo	30,809.60
Direccion	Av. SAN JOSE MARIA ESCRIVA DE Nº 855 Centro Chidayo	Categoria	Importante	Total Facturado	30,809.60
Ubicacion	[140101] Chidayo / Chidayo / Lambayeque	EstadoFacturacion	Normal	Saldo Convenio	0.00
Referencia	UNIVERSIDAD USAT	FechaNacimiento		Otros Cargos	0.00
Reparto	Av. SAN JOSE MARIA ESCRIVA DE Nº 855 Centro Chidayo	TelefonoFijo	978851902;	Total Deuda	30,809.60
Empresa	Electronorte S.A.	TelefonoMovil	979357816;	Saldo Favor	0.00
UnidadNegocio	Chidayo	E-Mail			

Histórico de Facturación



Datos del Contrato		Datos Comerciales		Datos Técnicos	
NroContrato	25100193807 (759)	Cartera	Mayor - Regulado	EE Conectado	E200072 - SED EN72
FechaInicio	23/11/2016	Situacion	Activo - No Cortado	EE Padre	I280088 - SIN DESCRIPCION EN MAXIMUS
FechaFin	22/11/2017	Ciclo	Chidayo 04	EE Representativo	A2007 - C-219
Pot Contratada	475.00	Ultimo Facturado	201904	SistemaElectrico	(1039) S201 - Chidayo
Modalidad	Variable	CIU	ENSEYANZA UNIVER:	FaseAlimentacion	RST
Calificacion	FueraPunta	Clase Consumo	Normal	FactorTransformaci	1.0000
Tarifa	MT4	Servicio Siguiente		SectorTipico	ST2 - Sector Tipico 2
TipoConexion	Trifasico	Servicio Anterior		Medidor Serie	000000007646476 (EAT,EAHP,EAFP,ER,PHP,
TipoAcometida	Aérea	Nombre Plan	Normal	Marca/Modelo	ELSTER-A 1R LQ+ (2.5-20 Amp) 3h_Ac
TensionNominal	10 kV - MT	Nro Colectivos	1	Año Fabricación	2007

Histórico de Consumos



Datos Ultimo Reclamo		Datos Ultimo Recibo		Datos Ultimo Pago		Datos Ultimo Refacturado	
NroAtencion	25101888483	NroRecibo	0025138120	Fecha	17/04/2019 (20)	Fecha	

Figura 16. Datos generales del suministro.

Figura 17. Histórico de facturación de nov 2016 al may 2019

HISTORICO DE FACTURACIÓN

Suministro: 26249025

Fecha de Inicio: 23/11/2016

Fecha fin: 22/05/2019

Periodo	Nº de Recibo Emitido	Tarifa	Fecha de Lectura	Fecha de Valorización	Fecha de Vencimiento	Fecha Pago	Importe Total del Recibo (S/.)	Saldo (S/.)	Estado de Deuda	Detalle Documentos
04-2019	0025138120554	MT4	30-04-2019	06-05-2019	23-05-2019		30,809.60	30,809.60	No Pagado	Ver Documentos
03-2019	0025137944774	MT4	31-03-2019	06-04-2019	23-04-2019	17-04-2019	29,892.10	0.00	Pagado	Ver Documentos
02-2019	0025137775687	MT4	28-02-2019	05-03-2019	22-03-2019	22-03-2019	25,424.70	0.00	Pagado	Ver Documentos
01-2019	0025137581921	MT4	31-01-2019	05-02-2019	22-02-2019	21-02-2019	21,566.60	0.00	Pagado	Ver Documentos
12-2018	0025137412837	MT4	31-12-2018	06-01-2019	23-01-2019	18-01-2019	19,817.30	0.00	Pagado	Ver Documentos
11-2018	0025137243836	MT4	30-11-2018	05-12-2018	26-12-2018	19-12-2018	22,313.60	0.00	Pagado	Ver Documentos
10-2018	0025137073670	MT4	31-10-2018	05-11-2018	22-11-2018	23-11-2018	26,803.40	0.00	Pagado	Ver Documentos
09-2018	0025136905086	MT4	30-09-2018	05-10-2018	22-10-2018	25-10-2018	25,835.10	0.00	Pagado	Ver Documentos
08-2018	0025136737054	MT4	31-08-2018	05-09-2018	24-09-2018	21-09-2018	18,704.40	0.00	Pagado	Ver Documentos
07-2018	0025136569142	MT4	31-07-2018	05-08-2018	22-08-2018	24-08-2018	18,624.20	0.00	Pagado	Ver Documentos
06-2018	0025136402218	MT4	30-06-2018	05-07-2018	23-07-2018	20-07-2018	27,489.30	0.00	Pagado	Ver Documentos
05-2018	0025136235371	MT4	31-05-2018	05-06-2018	21-06-2018	28-06-2018	26,058.00	0.00	Pagado	Ver Documentos
04-2018	0025136068567	MT4	30-04-2018	05-05-2018	23-05-2018	25-05-2018	30,182.60	0.00	Pagado	Ver Documentos
03-2018	0025135902273	MT4	31-03-2018	05-04-2018	23-04-2018	26-04-2018	26,588.40	0.00	Pagado	Ver Documentos
02-2018	0025135736343	MT4	28-02-2018	05-03-2018	22-03-2018	23-03-2018	19,943.40	0.00	Pagado	Ver Documentos
01-2018	0025135570834	MT4	31-01-2018	05-02-2018	22-02-2018	23-02-2018	6,705.60	0.00	Pagado	Ver Documentos
12-2017	0025135405703	MT4	31-12-2017	05-01-2018	22-01-2018	26-01-2018	17,247.20	0.00	Pagado	Ver Documentos
11-2017	0025135241097	MT4	30-11-2017	05-12-2017	21-12-2017	20-12-2017	24,946.40	0.00	Pagado	Ver Documentos

Periodo

Del nov-2016 Al may-2019

Nombre: UNIVER

Dirección: Av. SAM

100%										Buscar Siguiente	
08-2018	0025136737054	MT4	31-08-2018	05-09-2018	24-09-2018	21-09-2018	18,704.40	0.00	Pagado	Ver Documentos	
07-2018	0025136569142	MT4	31-07-2018	05-08-2018	22-08-2018	24-08-2018	18,624.20	0.00	Pagado	Ver Documentos	
06-2018	0025136402218	MT4	30-06-2018	05-07-2018	23-07-2018	20-07-2018	27,489.30	0.00	Pagado	Ver Documentos	
05-2018	0025136235371	MT4	31-05-2018	05-06-2018	21-06-2018	28-06-2018	26,058.00	0.00	Pagado	Ver Documentos	
04-2018	0025136068567	MT4	30-04-2018	05-05-2018	23-05-2018	25-05-2018	30,182.60	0.00	Pagado	Ver Documentos	
03-2018	0025135902273	MT4	31-03-2018	05-04-2018	23-04-2018	26-04-2018	26,588.40	0.00	Pagado	Ver Documentos	
02-2018	0025135736343	MT4	28-02-2018	05-03-2018	22-03-2018	23-03-2018	19,943.40	0.00	Pagado	Ver Documentos	
01-2018	0025135570834	MT4	31-01-2018	05-02-2018	22-02-2018	23-02-2018	6,705.60	0.00	Pagado	Ver Documentos	
12-2017	0025135405703	MT4	31-12-2017	05-01-2018	22-01-2018	26-01-2018	17,247.20	0.00	Pagado	Ver Documentos	
11-2017	0025135241097	MT4	30-11-2017	05-12-2017	21-12-2017	20-12-2017	24,946.40	0.00	Pagado	Ver Documentos	
10-2017	0025135076746	MT4	31-10-2017	05-11-2017	23-11-2017	24-11-2017	25,287.50	0.00	Pagado	Ver Documentos	
09-2017	0025134912539	MT4	30-09-2017	05-10-2017	23-10-2017	20-10-2017	26,300.60	0.00	Pagado	Ver Documentos	
08-2017	0025134749695	MT4	31-08-2017	05-09-2017	21-09-2017	21-09-2017	18,526.80	0.00	Pagado	Ver Documentos	
07-2017	0025134587015	MT4	31-07-2017	03-08-2017	21-08-2017	25-08-2017	20,659.70	0.00	Pagado	Ver Documentos	
06-2017	0025134424605	MT4	30-06-2017	05-07-2017	21-07-2017	21-07-2017	25,946.60	0.00	Pagado	Ver Documentos	
05-2017	0025134262525	MT4	31-05-2017	05-06-2017	21-06-2017	23-06-2017	30,895.80	0.00	Pagado	Ver Documentos	
04-2017	0025134100346	MT4	30-04-2017	04-05-2017	22-05-2017	26-05-2017	33,198.60	0.00	Pagado	Ver Documentos	
03-2017	0025133939218	MT4	31-03-2017	03-04-2017	20-04-2017	26-04-2017	35,858.80	0.00	Pagado	Ver Documentos	
02-2017	0025133777780	MT4	28-02-2017	03-03-2017	20-03-2017	23-03-2017	32,889.90	0.00	Pagado	Ver Documentos	
01-2017	0025133617125	MT4	31-01-2017	03-02-2017	20-02-2017	24-02-2017	35,290.10	0.00	Pagado	Ver Documentos	
12-2016	0025133456701	MT4	31-12-2016	05-01-2017	20-01-2017	20-01-2017	29,201.90	0.00	Pagado	Ver Documentos	
11-2016	0025133296995	MT4	30-11-2016	05-12-2016	22-12-2016	16-12-2016	37,329.70	0.00	Pagado	Ver Documentos	

Figura 18. Lecturas de may 2016 a may 2019

Numero de Suministro: 26249025

26249025 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO Av. SAN JOSE MARIA ESCRIBANA DE Nº 855 Tarifa HT4 Período Del may-2016 Al may-2019

Historico Pivot Regulado

1 150% Buscar | Siguiente

Periodo	Tipo Lectura	Fecha Lectura	Ob.Lect	Ob.Fact	Energia Activa Total				Energia Activa Hora Punta				Energia Activa Fuera Punta				Energia Reactiva				Potencia	
					Lectura	Factor Medición	Factor Transf.	Consumo	Lectura	Factor Medición	Factor Transf.	Consumo	Lectura	Factor Medición	Factor Transf.	Consumo	Lectura	Factor Medición	Factor Transf.	Consumo	Lectura	Factor Medición
2019-04	Toma de lectura	30-04-2019		Validar Consumo	19,392.8400	454.5455	1.0000	70,988.8253	3,648.4400	454.5455	1.0000	12,604.5467	15,744.4000	454.5455	1.0000	58,377.2786	6,345.4800	454.5455	1.0000	6,159.0915	0.4000	454.5455
2019-03	Toma de lectura	31-03-2019		Validar Consumo	19,236.6800	454.5455	1.0000	66,500.0067	3,620.7100	454.5455	1.0000	11,018.1829	15,615.9700	454.5455	1.0000	55,481.8237	6,331.9300	454.5455	1.0000	7,431.8189	0.4000	454.5455
2019-02	Toma de lectura	28-02-2019		Validar Consumo	19,090.3800	454.5455	1.0000	52,981.8235	3,596.4700	454.5455	1.0000	7,577.2724	15,493.9100	454.5455	1.0000	45,404.5500	6,315.5800	454.5455	1.0000	6,413.6370	0.2600	454.5455
2019-01	Toma de lectura	31-01-2019		Validar Consumo	18,973.8200	454.5455	1.0000	45,918.1884	3,579.8000	454.5455	1.0000	6,777.2724	15,394.0200	454.5455	1.0000	39,140.9130	6,301.4700	454.5455	1.0000	5,422.7278	0.1900	454.5455
2018-12	Toma de lectura	31-12-2018			18,872.8000	454.5455	1.0000	43,268.1861	3,564.8900	454.5455	1.0000	7,963.6372	15,307.9100	454.5455	1.0000	35,304.5490	6,288.5400	454.5455	1.0000	4,722.7277	0.3300	454.5455
2018-11	Toma de lectura	30-11-2018		Validar Consumo	18,777.6100	454.5455	1.0000	55,554.5510	3,547.3700	454.5455	1.0000	11,136.3648	15,230.2400	454.5455	1.0000	44,418.1863	6,279.1500	454.5455	1.0000	5,231.8187	0.3200	454.5455
2018-10	Corrección de lectura	31-10-2018		Corrección de lecturas	18,655.3900	454.5455	1.0000	55,086.3691	3,522.8700	454.5455	1.0000	11,577.2729	15,132.5200	454.5455	1.0000	43,509.0953	6,267.6400	454.5455	1.0000	4,890.9096	0.3300	454.5455
2018-09	Toma de lectura	30-09-2018		Validar Consumo	18,534.2000	454.5455	1.0000	51,254.5506	3,497.4000	454.5455	1.0000	10,881.8193	15,036.8000	454.5455	1.0000	40,372.7313	6,256.8800	454.5455	1.0000	3,940.9095	0.3100	454.5455
2018-08	Toma de lectura	31-08-2018		Validar Consumo	18,421.4400	454.5455	1.0000	39,304.5494	3,473.4600	454.5455	1.0000	7,822.7281	14,947.9800	454.5455	1.0000	31,481.8213	6,248.2100	454.5455	1.0000	3,459.0913	0.2800	454.5455
2018-07	Toma de lectura	31-07-2018			18,334.9700	454.5455	1.0000	38,595.4584	3,456.2500	454.5455	1.0000	7,690.9099	14,878.7200	454.5455	1.0000	30,904.5485	6,240.6000	454.5455	1.0000	3,304.5458	0.2800	454.5455
2018-06	Toma de lectura	30-06-2018			18,250.0600	454.5455	1.0000	53,436.3690	3,439.3300	454.5455	1.0000	10,659.0920	14,810.7300	454.5455	1.0000	42,777.2770	6,233.3300	454.5455	1.0000	4,188.3641	0.3000	454.5455
2018-05	Toma de lectura	31-05-2018			18,132.5000	454.5455	1.0000	62,809.0972	3,415.8800	454.5455	1.0000	11,731.8194	14,716.6200	454.5455	1.0000	51,077.2778	6,224.1200	454.5455	1.0000	6,250.0006	0.3300	454.5455
2018-04	Toma de lectura	30-04-2018		Validar Consumo	17,994.3200	454.5455	1.0000	68,372.7341	3,390.0700	454.5455	1.0000	11,768.1830	14,644.2500	454.5455	1.0000	56,604.5511	6,210.3700	454.5455	1.0000	8,290.9099	0.3900	454.5455
2018-03	Toma de lectura	31-03-2018		Validar Consumo	17,843.9000	454.5455	1.0000	55,200.0055	3,364.1800	454.5455	1.0000	9,245.4555	14,479.7200	454.5455	1.0000	45,954.5501	6,192.1300	454.5455	1.0000	7,268.1825	0.3700	454.5455
2018-02	Corrección de lectura	28-02-2018		Corrección de lecturas	17,722.4600	454.5455	1.0000	41,250.0041	3,343.8400	454.5455	1.0000	6,150.9097	14,378.6200	454.5455	1.0000	35,059.0944	6,176.1400	454.5455	1.0000	5,540.9096	0.1800	454.5455
2018-01	Toma de lectura	31-01-2018			17,631.7100	454.5455	1.0000	38,413.6402	3,330.2200	454.5455	1.0000	5,922.7279	14,301.4900	454.5455	1.0000	32,450.9123	6,163.9500	454.5455	1.0000	5,281.8187	0.1800	454.5455

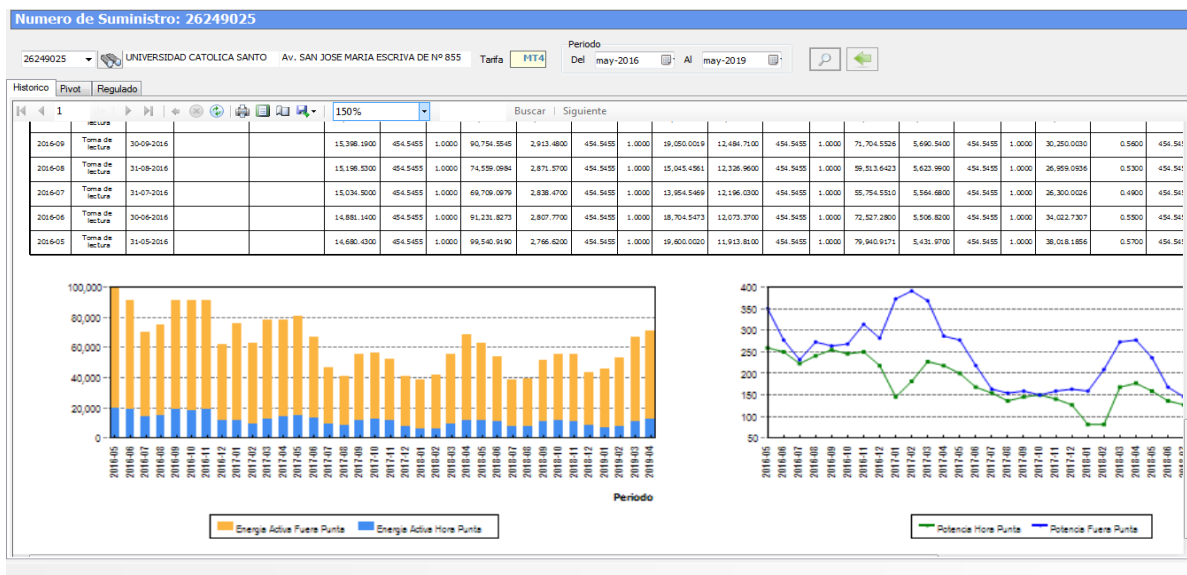
Numero de Suministro: 26249025

26249025 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO Av. SAN JOSE MARIA ESCRIBANA DE Nº 855 Tarifa HT4 Período Del may-2016 Al may-2019

Historico Pivot Regulado

1 150% Buscar | Siguiente

2017-12	Toma de lectura	31-12-2017			17,547.2000	454.5455	1.0000	40,781.8223	3,317.1900	454.5455	1.0000	7,736.3644	14,230.0100	454.5455	1.0000	33,045.4579	6,152.3300	454.5455	1.0000	4,240.9095	0.2800	454.5455
2017-11	Toma de lectura	30-11-2017			17,457.4800	454.5455	1.0000	52,454.5507	3,300.1700	454.5455	1.0000	11,286.3648	14,157.3100	454.5455	1.0000	41,168.1859	6,140.0000	454.5455	1.0000	3,868.1822	0.3100	454.5455
2017-10	Toma de lectura	31-10-2017		Validar Consumo	17,342.0800	454.5455	1.0000	55,981.8238	3,275.3400	454.5455	1.0000	12,150.0012	14,066.7400	454.5455	1.0000	43,831.8226	6,134.4900	454.5455	1.0000	4,177.2731	0.3300	454.5455
2017-09	Toma de lectura	30-09-2017		Validar Consumo	17,218.9200	454.5455	1.0000	55,081.8237	3,248.6100	454.5455	1.0000	11,922.7285	13,970.3100	454.5455	1.0000	43,159.0952	6,125.3000	454.5455	1.0000	3,777.2731	0.3200	454.5455
2017-08	Toma de lectura	31-08-2017			17,097.7400	454.5455	1.0000	40,795.4596	3,222.3800	454.5455	1.0000	8,021.8190	13,875.3600	454.5455	1.0000	32,763.6366	6,116.9900	454.5455	1.0000	3,713.6367	0.3000	454.5455
2017-07	Toma de lectura	31-07-2017			17,007.9900	454.5455	1.0000	46,304.5501	3,204.7100	454.5455	1.0000	8,950.0009	13,803.2800	454.5455	1.0000	37,354.5492	6,108.8200	454.5455	1.0000	4,381.8186	0.3400	454.5455
2017-06	Toma de lectura	30-06-2017			16,906.1200	454.5455	1.0000	66,300.0066	3,185.0200	454.5455	1.0000	12,904.5467	13,721.1000	454.5455	1.0000	53,385.4599	6,099.1800	454.5455	1.0000	6,400.0006	0.3700	454.5455
2017-05	Toma de lectura	31-05-2017		Validar Consumo	16,780.2600	454.5455	1.0000	80,072.7353	3,156.6300	454.5455	1.0000	14,659.0924	13,603.6300	454.5455	1.0000	65,413.6429	6,085.1000	454.5455	1.0000	9,686.3646	0.4400	454.5455
2017-04	Toma de lectura	30-04-2017		Validar Consumo	16,584.1000	454.5455	1.0000	78,445.4624	3,124.3800	454.5455	1.0000	14,026.3650	13,459.7200	454.5455	1.0000	64,409.0974	6,063.7900	454.5455	1.0000	8,754.5463	0.4800	454.5455
2017-03	Toma de lectura	31-03-2017		Validar Consumo	16,411.5200	454.5455	1.0000	78,190.9149	3,093.5000	454.5455	1.0000	12,285.4558	13,318.0200	454.5455	1.0000	66,895.4611	6,044.5300	454.5455	1.0000	21,250.0021	0.5000	454.5455
2017-02	Toma de lectura	28-02-2017			16,239.5000	454.5455	1.0000	62,695.4608	3,066.4500	454.5455	1.0000	9,363.6373	13,173.0500	454.5455	1.0000	53,331.8235	5,997.7800	454.5455	1.0000	24,418.1843	0.4000	454.5455
2017-01	Toma de lectura	31-01-2017			16,101.5700	454.5455	1.0000	76,004.5531	3,045.8500	454.5455	1.0000	11,350.0011	13,055.7200	454.5455	1.0000	64,454.5519	5,944.0600	454.5455	1.0000	27,863.6362	0.3200	454.5455
2016-12	Toma de lectura	31-12-2016			15,934.3600	454.5455	1.0000	61,777.2789	3,020.8800	454.5455	1.0000	11,886.3648	12,913.4800	454.5455	1.0000	49,890.9141	5,882.7600	454.5455	1.0000	23,531.8205	0.4800	454.5455
2016-11	Toma de lectura	30-11-2016			15,798.4500	454.5455	1.0000	91,290.9182	2,994.7300	454.5455	1.0000	18,568.1857	12,803.7200	454.5455	1.0000	72,722.7345	5,830.9900	454.5455	1.0000	32,154.5487	0.5500	454.5455
2016-10	Toma de lectura	31-10-2016			15,597.6100	454.5455	1.0000	90,645.4636	2,953.8800	454.5455	1.0000	18,363.6382	12,643.7300	454.5455	1.0000	72,281.8254	5,780.2500	454.5455	1.0000	31,486.3668	0.5400	454.5455
2016-09	Toma de lectura	30-09-2016			15,398.1900	454.5455	1.0000	90,754.5545	2,913.4800	454.5455	1.0000	19,050.0019	12,484.7100	454.5455	1.0000	71,704.5526	5,690.5400	454.5455	1.0000	30,250.0030	0.5600	454.5455
2016-08	Toma de lectura	31-08-2016			15,198.5300	454.5455	1.0000	74,539.0984	2,871.5700	454.5455	1.0000	15,045.4561	12,328.9600	454.5455	1.0000	59,513.6423	5,623.9900	454.5455	1.0000	26,959.0936	0.5300	454.5455
2016-07	Toma de lectura	31-07-2016			15,034.5000	454.5455	1.0000	69,709.0979	2,838.4700	454.5455	1.0000	13,954.5469	12,196.0300	454.5455	1.0000	55,754.5510	5,564.6800	454.5455	1.0000	26,300.0026	0.4900	454.5455



Teniendo las imágenes arriba, en los ciclos de facturación de la USAT se puede visualizar que el suministro 26249025 correspondiente a la casa de estudio conforme el avance del tiempo su consumo en la hora fuera punta corresponde la máxima demanda y habiendo obtenido esta data se analizarán la data correspondiente.

La tendencia de crecimiento de consumo se puede realizar el cálculo con el historial que se tiene y el solicitado, para que así obtener máxima demanda, valores máximos y mínimos de consumo durante un lapso de tiempo. Ante la falta de planos arquitectónicos para poder establecer los espacios disponibles para la implementación del sistema, se realizarán posibles áreas y solicitar los planos eléctricos para poder realizar el cambio de fuente de suministro.

Se han elaborado cuadros de consumos tanto en hora punta como en hora fuera punta, para poder tener un conocimiento de la energía que la universidad requiere, su tendencia de crecimiento y que cantidad de energía se necesita generar para abastecer la universidad, los cuales se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 1 Energía activa fuera de punta.

Análisis de energía activa fuera de punta					
	2016	2017	2018	2019	<i>Promedio</i>
Enero	53 513,64	64 654,55	32 490,91	39 140,9130	47 450,00
Febrero	65 081,82	53 331,82	35 059,09	45 404,5500	49 719,32
Marzo	73 759,10	65 895,46	45 954,55	55 481,8237	60 272,73
Abril	73 759,10	65 895,46	56 604,55	58 377,28	63 659,10
Mayo	89 809,10	64 409,10	56 604,55	61 354,5516	68 044,33
Junio	79 940,92	65 413,64	51 077,28	47 072,7320	60 876,14
Julio	72 527,28	53 395,46	42 777,28	33 572,7306	50 568,19
Agosto	55 754,55	37 354,55	30 904,55	32 077,2759	39 022,73
Setiembre	59 513,64	32 763,64	31 481,82	40 809,0950	41 142,05
Octubre	72 281,83	43 831,82	43 509,10		53 207,58
Noviembre	72 722,73	41 168,19	44 418,19		52 769,70
Diciembre	49 890,91	33 045,46	35 304,55		39 413,64

Fuente. Data del medidor de ENSA.

Cuadro 2 Energía activa hora punta.

Análisis de potencia fuera de punta					
	2016	2017	2018	2019	<i>Promedio</i>
Enero	10 327,27	11 350,00	5 922,72	6 777,2734	8 594,32
Febrero	14 040,91	9 363,64	6 190,90	7 577,2735	9 293,18
Marzo	16 709,09	12 295,46	9 245,45	11 018,1829	12317,05
Abril	21 031,82	14 036,37	11 768,18	12 604,5467	14 860,23
Mayo	19 600,00	14 659,09	11 731,81	13 486,3650	14 869,32
Junio	18 704,55	12 904,55	10 659,09	11 572,7284	13 460,23
Julio	13 954,55	8 950,00	7 690,90	8 563,6372	9 789,77
Agosto	15 045,46	8 031,82	7 822,72	8 359,0917	9 814,77
Setiembre	19 050,00	11 922,73	10 881,81	11 336,3648	13 297,73
Octubre	18 363,64	12 150,00	11 577,27		14 030,30
Noviembre	18 568,18	11 286,36	11 136,36		13 663,64
Diciembre	11 886,36	7 736,36	7 963,63		9 195,46

Fuente. Data del medidor de ENSA.

Cuadro 3 Facturación anual

Análisis de facturación					
	2016	2017	2018	2019	Promedio
Enero	28 151,20	35 290,10	6 705,60	21 566,60	21 187,43
Febrero	33 095,00	32 889,90	19 943,40	25 424,70	26 086,00
Marzo	38 920,30	35 858,80	26 588,40	29 892,10	30 779,77
Abril	43 461,60	33 198,60	30 182,60	30 809,60	31 396,93
Mayo	38 114,20	30 895,80	26 058,00	32 342,30	28 476,90
Junio	43 747,70	25 946,60	27 489,30	26 788,00	26 717,95
Julio	34 747,70	20 659,70	18 624,20	20 354,90	19 641,95
Agosto	31 441,70	18 526,80	18 704,40	19 304,90	18 615,60
Setiembre	42 956,60	26 300,60	25 835,10	27 633,20	26 067,85
Octubre	42 651,60	25 287,50	26 803,40		26 045,45
Noviembre	37 329,70	24 946,40	22 313,60		28 196,57
Diciembre	29 201,90	17 247,20	19 817,30		22 088,80
<i>Máximo</i>	43 747,70	35 858,80	30 182,60	32 342,30	
<i>Mínimo</i>	28 151,20	17 247,20	6 705,60	19 304,90	
<i>Total</i>	443 819,20	327 048,00	269 065,30		

Fuente. Data del medidor de ENSA.

4.2. Disponibilidad energética de la provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

4.2.1. Energía solar

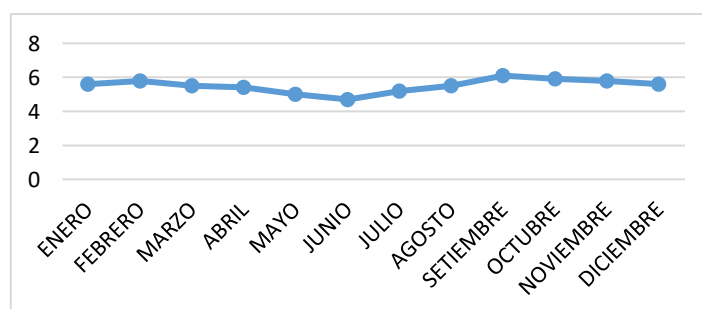
Teniendo en cuenta que la base más confiable y de mayor alcance es el “Atlas Solar del Perú”, que está elaborado por el MINEM (Ministerio de energía y minas), SENAMHI, dirección de investigación y asuntos ambientales. En el “Atlas Solar del Perú” [28] da la hora sol pico (HPS) y la da en promedio mensual y anual, este último siendo de $4.7 \text{ kWh}/\text{m}^2$.

Tabla 3. Datos de radiación solar.

MES	N.º días	HPS
ENERO	31	5,6
FEBRERO	28	5,8
MARZO	31	5,5
ABRIL	30	5,4
MAYO	31	5,0
JUNIO	30	4,7
JULIO	31	5,2
AGOSTO	31	5,5
SETIEMBRE	30	6,1
OCTUBRE	31	5,9
NOVIEMBRE	30	5,8
DICIEMBRE	31	5,6

Fuente: Atlas solar del Perú [28].

Tabla 4. Promedio de radiación solar en HPS



Fuente: Atlas solar del Perú [28].

La irradiación solar es la variable más importante para poder generar energía fotovoltaica, esto conllevaría que, con un promedio anual superior, se generaría energía eléctrica, siendo constante en la generación.

La región de Lambayeque por su ubicación, latitud y altitud; es una zona donde la radiación solar es constante y tiene un promedio suficiente para poder generar energía fotovoltaica

4.2.2. Energía eólica:

Conociendo el marco político energético nacional del MINEM y siendo su objetivo de este poder contar con una matriz energética diversificada, y poniéndole énfasis en las fuentes de energía renovables.

Habiéndose realizado estudios meteorológicos, se ha podido desarrollar el “ATLAS EOLICO DEL PERÚ 2016”, el cual está formado por los productos que se mencionaran en adelante:

- Documento que contiene metodología utilizada para la elaboración del atlas, también validación y evaluación del potencial eólico del Perú, así también incluye un conjunto de mapas que indican el potencial del recurso eólico a nivel nacional y en diferentes alturas y en cada departamento del Perú.
- Contiene una aplicación WEB GIS, que su principal objetivo es mostrar las áreas más favorables para poder desarrollar proyectos de este recurso (eólico). Adicionalmente se le incorporo información por capas, el cual permite analizar data de ubicaciones seleccionados, altitud, distancia rugosidad, zonas excluyentes y áreas protegidas, entre otros.
- Para sistemas aislados se cuenta con Micro renueva Perú, que es la aplicación <https://www.barloventorecursos.com/es/destacados/atlas-eolico-de-peru,el> cual su principal objetivo es facilitar información del funcionamiento y la operación del sistema para las energías renovables de pequeñas potencias en el Perú.

Este último punto nos facilitara la información para poder desarrollar nuestro micro proyecto eólico para la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. A su vez se cuenta con un cuadro en el cual se detalla la energía eólica aprovechable por cada región:

Cuadro 4 Potencia eólico por departamento

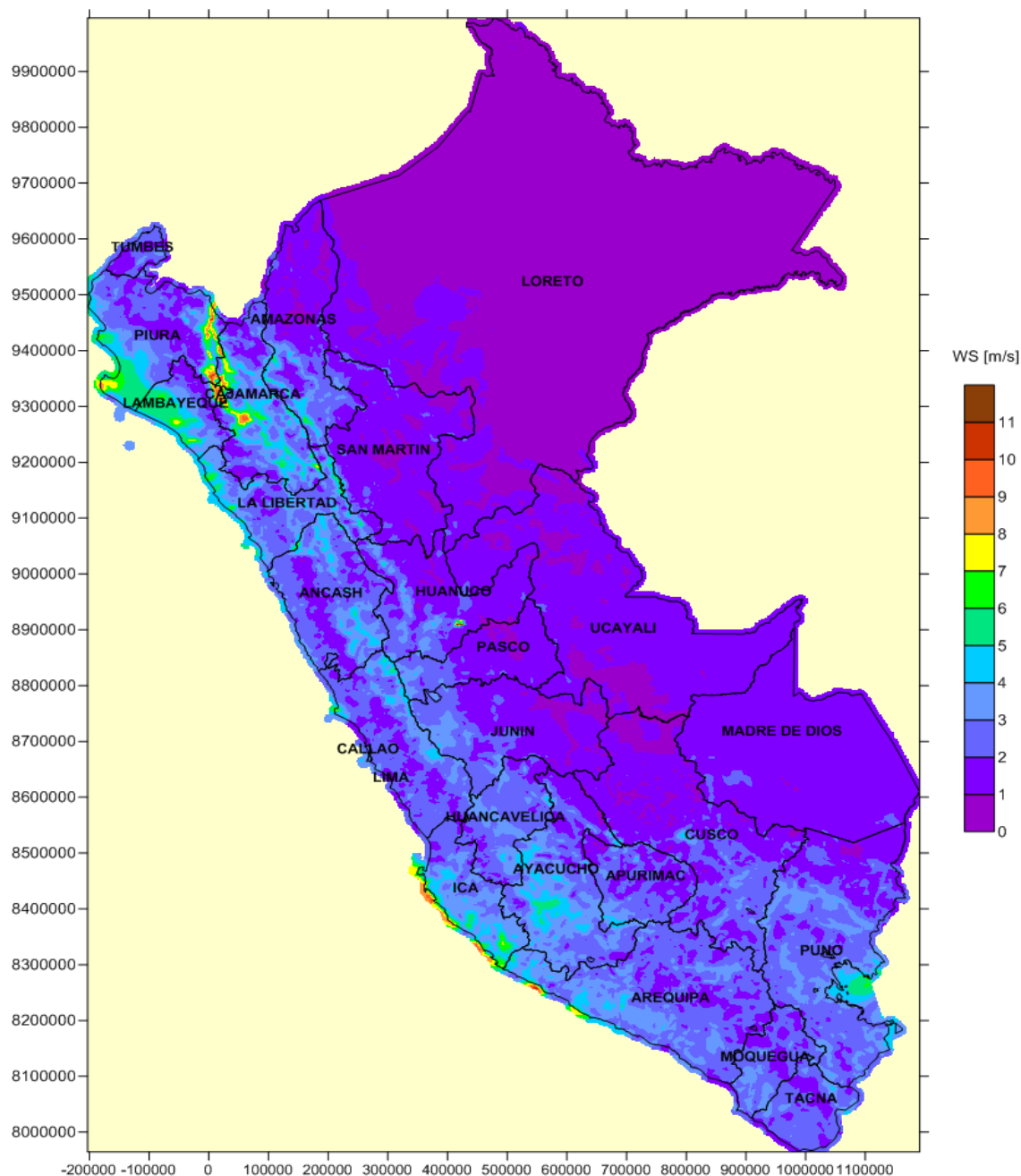
DEPATAMENTO	POTENCIA EOLICA APROVECHABLE (MW)	POTENCIA EOLICA EXCLUIDA (MW)	POTENCIA EOLICA TOTAL (MW)
AMAZONAS	129	288	417
ANCASH	708	108	816
APURIMAC	0	0	0
AREQUIPA	1020	156	1176
AYACUCHO	0	0	0
CAJAMARCA	891	282	1173
CALLAO	0	0	0
CUZCO	0	0	0
HUANCAVELICA	0	0	0
HUANUCO	0	0	0
ICA	2280	3015	5295
JUNIN	0	0	0
LA LIBERTAD	921	264	1185
LAMBAYEQUE	7017	2097	9114
LIMA	429	189	618
LORETO	0	0	0
MADRE DE DIOS	0	0	0
MOQUEGUA	0	0	0
PASCO	0	0	0
PIURA	7098	1503	8601
PUNO	0	0	0
SAN MARTIN	0	0	0
TACNA	0	0	0
TUMBES	0	0	0
UCAYALI	0	0	0
TOTAL	20493	7902	28395

Fuente. [29]

Con la información del cuadro se tiene de conocimiento que en todo el departamento de Lambayeque se tiene un potencial eólico aprovechable de 7017 MW, lo cual nos indica que el proyecto de micro generación eólica para la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Continuando con la información se tiene un mapa de la velocidad media anual a una altura de 10 metros. Velocidad media a 10 m/s

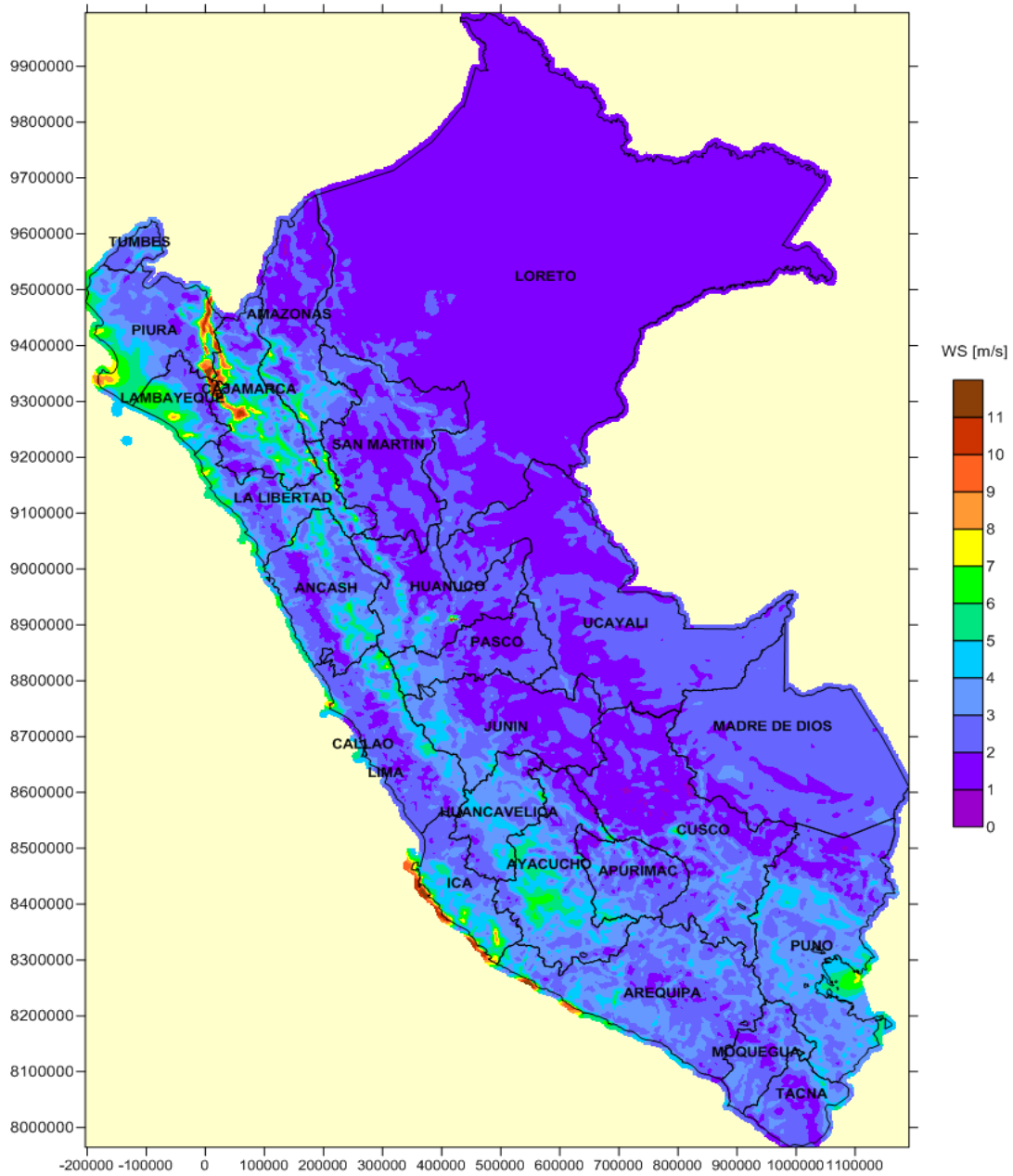
Mapa 1 Velocidad media a 10 metros



Fuente: Atlas eólico del Perú [29].

Interpretando el mapa anterior mostrado, y teniendo la ubicación de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, se concluye que la velocidad de Weibull promedio anualmente a la altura de 10 metros es de entre 7 a 8 metros por segundos, lo cual es necesario para poder mover un molino para poder generar energía eléctrica. En el siguiente mapa mostraremos a una altura de 25 metros y su velocidad promedio anualmente.

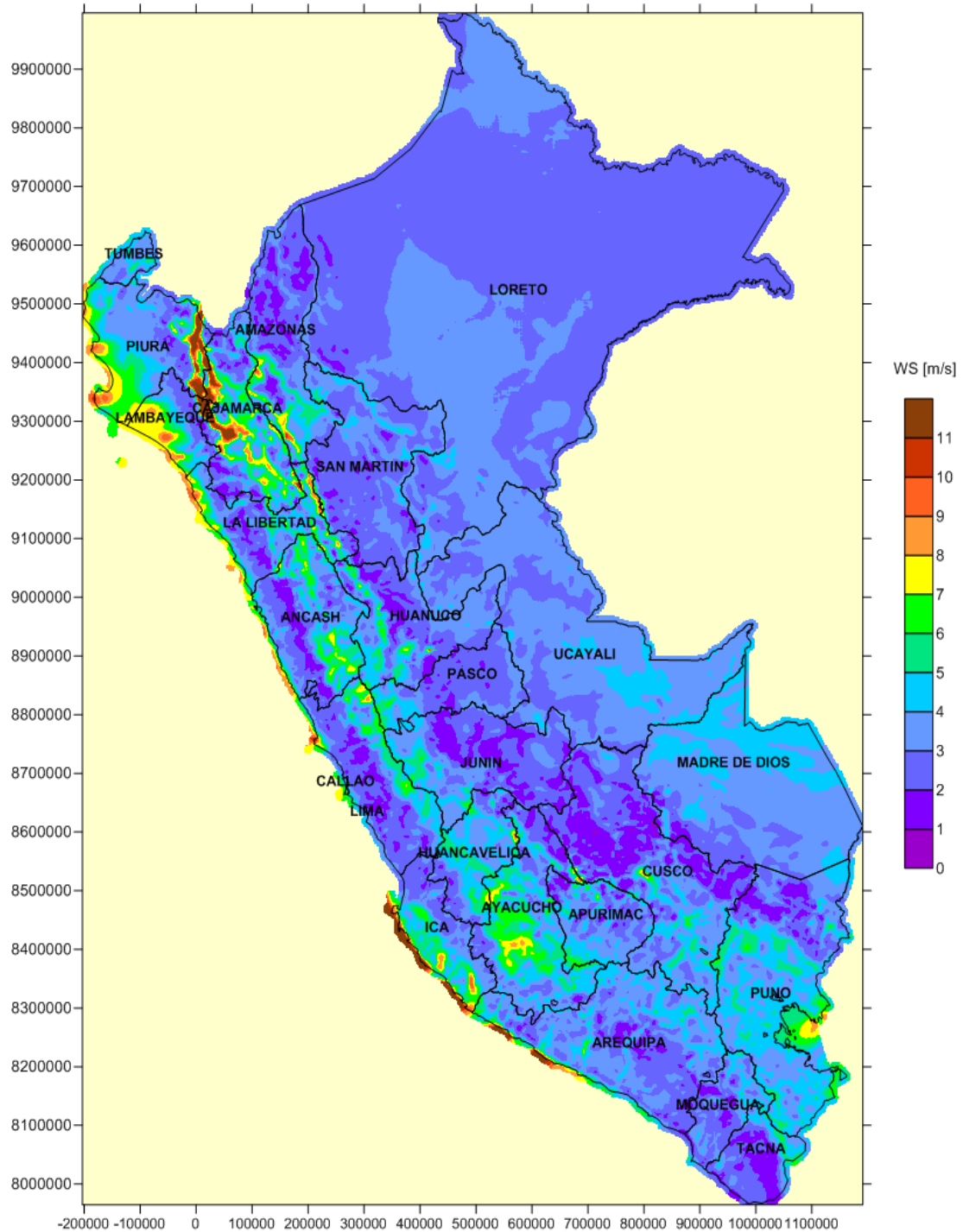
Mapa 2 Velocidad media a 25 metros



Fuente: Atlas eólico del Perú [29].

Interpretando el mapa la velocidad promedio anual a una altura de 25 metros es de entre 7 a 8 metros por segundo. A continuación, se presenta el mapa a una altura de 75 metros y su velocidad promedio anual.

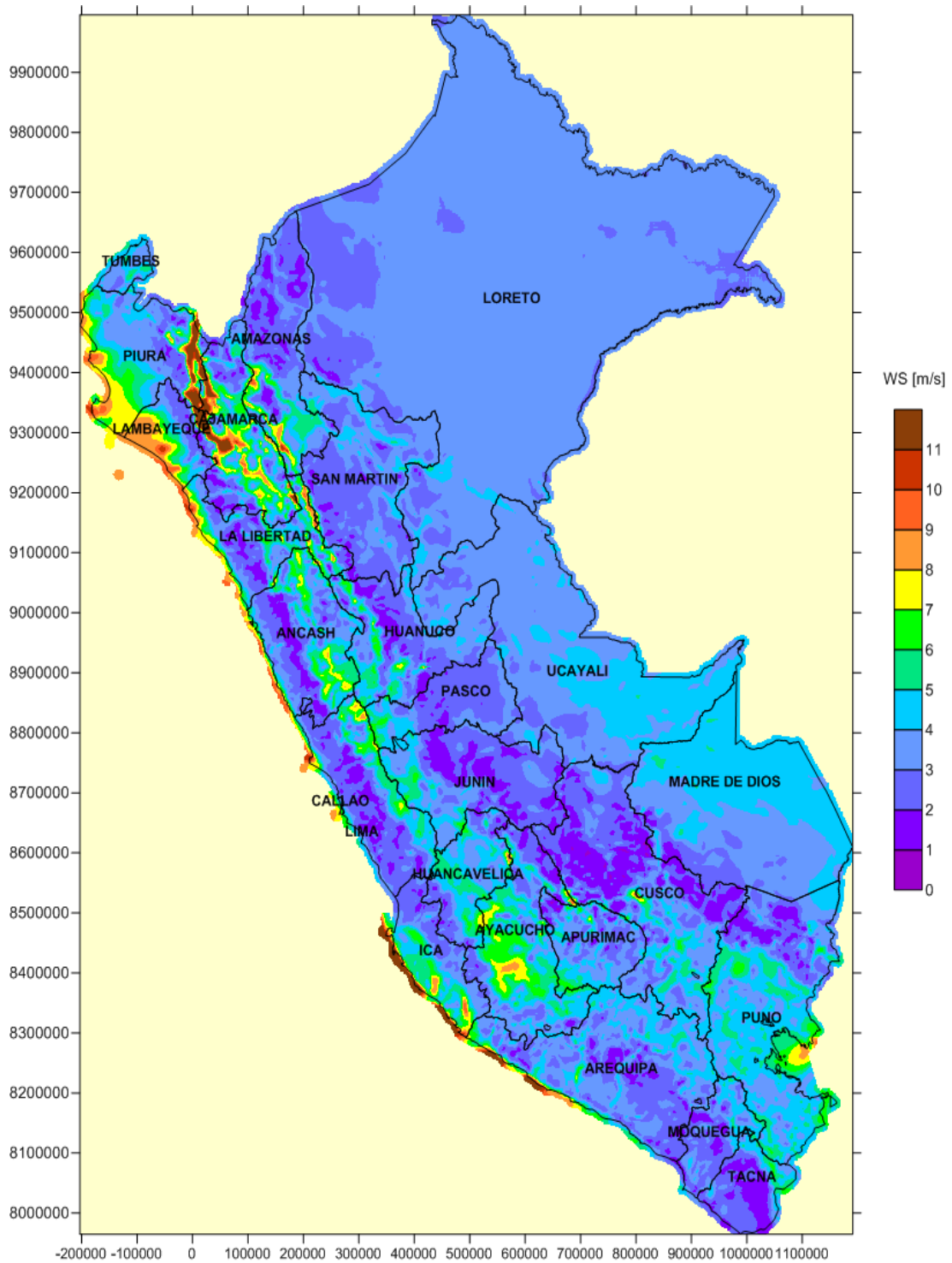
Mapa 3 Velocidad media a 75 metros



Fuente: Atlas eólico del Perú [29].

A esta altura la ubicación se puede apreciar que la velocidad promedio anual del viento es de entre 8 a 9 metros por segundos. El siguiente mapa da la información a una altura de 100 metros.

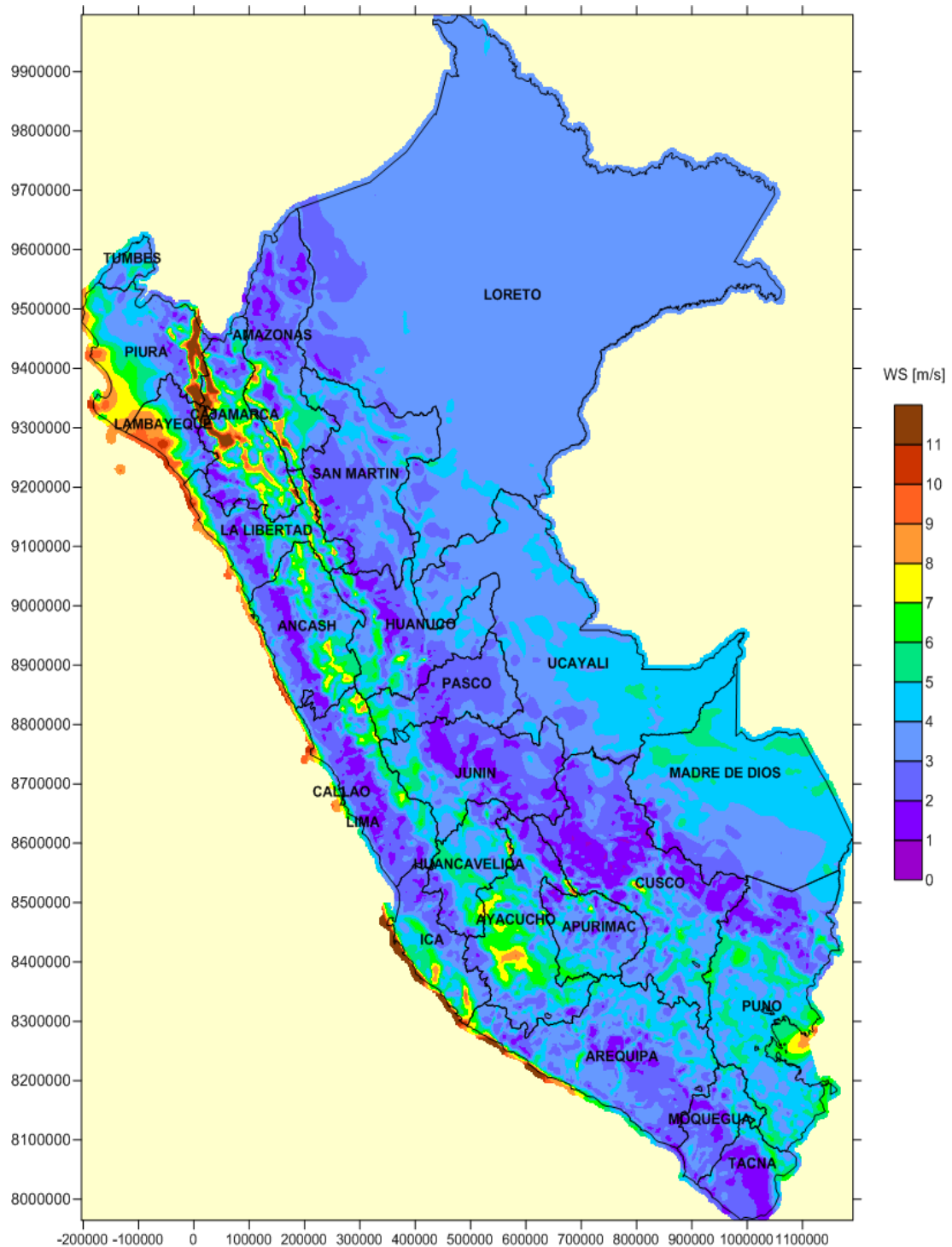
Mapa 4 Velocidad media a 100 metros



Fuente: Atlas eólico del Perú [29].

A la altura de 100 metros vemos que la velocidad promedio anual oscilan de entre 9 a 10 metros por segundos. Finalmente, se presenta un mapa a la altura de 125 metros.

Mapa 5 Velocidad media a 125 metros



Fuente: Atlas eólico del Perú [29].

A la altura de 125 metros la velocidad promedio anual es de 9 a 10 metros por segundo llevando a la siguiente conclusión en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Altura y velocidades promedio

Altura (m)	Velocidad promedio (m/s)
10	7-8
25	7-8
75	8-9
100	8-9
125	9-10

El cuadro resumen anterior nos da a conocer que en la zona de la USAT los promedios de la velocidad anual son superiores a los $5 m/s$, lo cual es una velocidad mínima para poder mover una torre eólica para poder generar energía eléctrica.

Se tiene un promedio anual de $6,5 m/s$, de velocidad de viento, lo cual lo hace un lugar muy aprovechable para la generación eólica.

4.3. Determinación de los componentes del sistema Eólico – Fotovoltaico a implementar en la USAT.

La generación distribuida en el Perú tiene una pre publicación del reglamento por parte del MINEM el 02 de agosto del 2018, con el objetivo de ser debatida y mejorar por parte de los terceros que tiene interés. Los avances tecnológicos han conllevado hace vario tiempo a los llamados prosumidores, los cuales son consumidores de electricidad y a su vez generar su propia electricidad y a su vez venderla a otros usuarios.

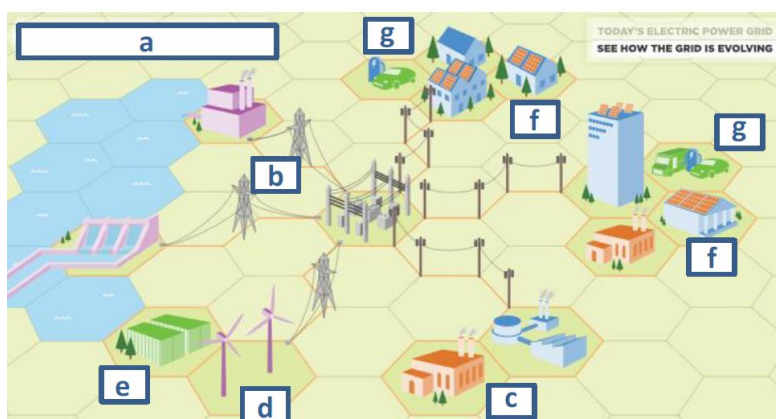
Según la agencia de protección ambiental de USA (EPA), la generación distribuida es referida a “la variedad tecnológica que generen electricidad en el lugar o cerca de este dónde será utilizada”. Por eso la generación distribuida es también conocida como generación in-situ o generación descentralizada. La generación distribuida tiene por característica principal ser pequeña inferior a los 10 MW.

En Perú el uso de recursos energéticos renovables (RER), se están promoviendo a través de un cuadro de subastas on-grid que se realizan en el marco legal del Decreto

Legislativo N°1002 – Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. La principal ventaja es la generación de energía limpia, sin emisiones de gas de efecto invernadero; mientras su principal desventaja radica en la intermitencia y la no gestionabilidad. Aquellos problemas asociados a la RER serán eventualmente superados según su expansión en el almacenamiento de energía utilizada para el respaldo de la generación de RER.

En la siguiente imagen se muestra la convivencia de todos los componentes propios de un sistema centralizado de generación no convencional que ha sido dominado el sector eléctrico desde sus inicios, junto con todos los componentes introducidos para las innovaciones tecnológicas y la superación de paradigmas en el sector eléctrico.

Ilustración 1. El sistema eléctrico centralizado ante cambios en el sector.



Fuente. EPA Elaboración GPAE

Donde:

- a Plantas convencionales de energía eléctrica.
- b Transmisión de energía eléctrica.
- c Cogeneración de combustibles.
- d RER, recursos energéticos renovables.
- e Tipos de almacenamientos (baterías, aire comprimido, etc.)
- f Paneles solares en techos de los hogares, comercio e industrias.
- g Electromovilidad, autos que funcionan a energía eléctrica.

La generación distribuida se define como “instalación de generación conectada directamente a la red de distribución y se subdivide en media generación distribuida (MGD) y microgeneración distribuida (MCD)”. Aunque en el Perú no hay

normatividad aprobada, pero está el reglamento de generación distribuida que recoge todos los planteamientos iniciales de dicho ente.

Marco normativo en el Perú (propuesta).

- Ley N°28832 – Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, promulgada el 23 de julio del 2006.
- Decreto legislativo N°1221 – Decreto legislativo que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica del Perú, promulgada el 24 de setiembre del 2015.
- Proyecto de reglamento de generación distribuida aprobada mediante resolución ministerial N° 292 – 2018 – MEM/DM, promulgado el 02 de agosto del 2018.

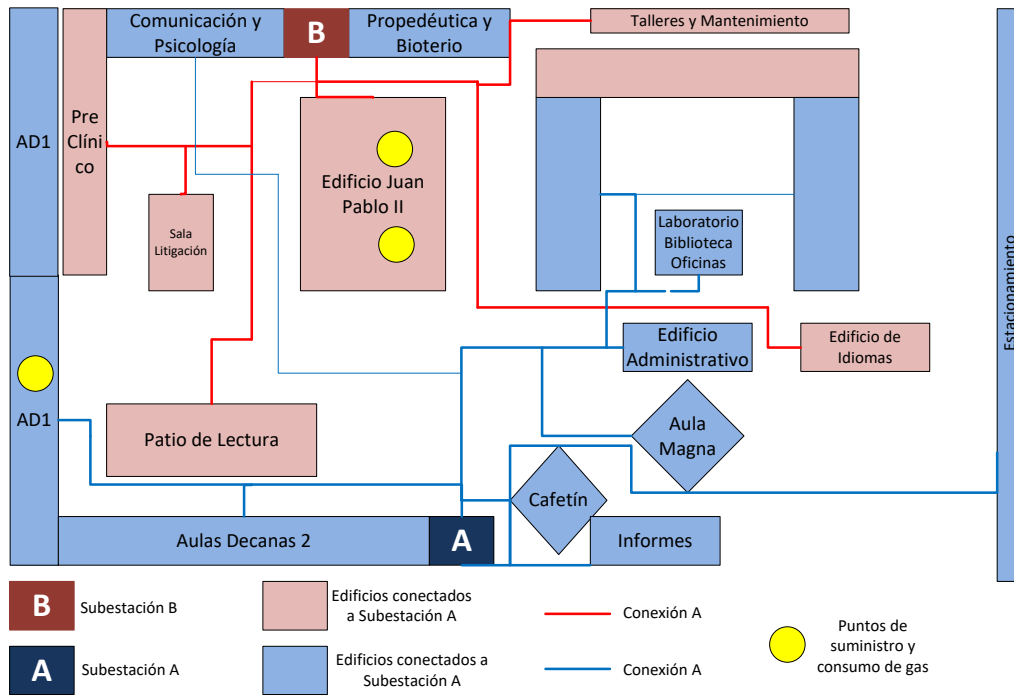
El resumen de las principales características de la generación distribuida, de acuerdo según el proyecto de reglamento pre publicado por el MINEM.

Características	Mediana generación distribuida (MGD)	Microgeneración distribuida (MCD)
Tipo de persona	Natural o jurídica	Natural o jurídica
Capacidad	Entre 200 kW y 10 MW	200 kW como máximo
Conexión a la red de distribución	En media tensión	En baja tensión o media tensión
Estudio de conexión	Elaborado por el interesado o la EDE	Elaborado por la EDE
Costos de adaptación de la red/inversiones	Financiados por el interesado	Financiados por el interesado
Comercialización para usuarios regulados	Puede vender la energía a EDE para usuarios regulados (mediante contrato de suministro)	No se permite la venta. Funciona con excedentes que generan un crédito utilizado a cargo del consumo en siguientes meses. Límite para el crédito es de un año calendario
Comercialización para usuarios libres	Si (mediante contrato de suministro)	No

La universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo tiene un suministro eléctrico en media tensión, que proviene de la SE SECHO 10 kV, la cual se deriva en dos unidades de transformación de 10/0.23 kV dentro de la universidad y en dos subestaciones A y B, los cuales se encargan de reducir los niveles de tensión a 230 voltios para así poder distribuirlos en los diferentes ambientes de dicha casa de estudios.

Se sabe que la USAT tiene una potencia contratada de 475 kW en un pliego tarifario de MT4.

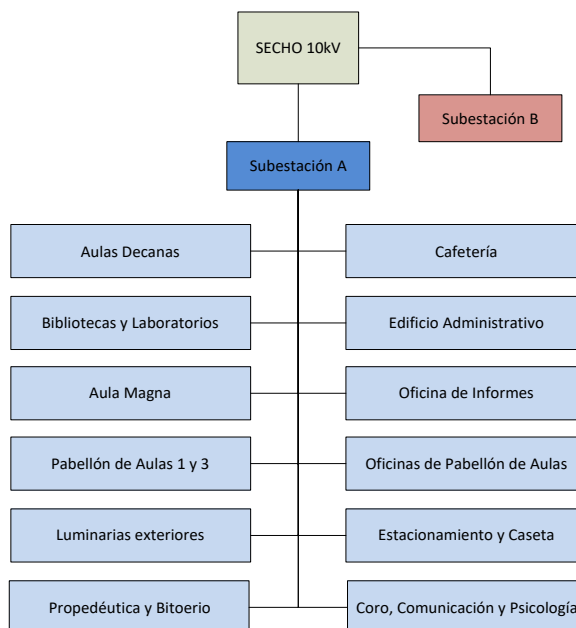
Ilustración 2 Distribución energética de la USAT



Fuente. [30]

La subestación A tiene los siguientes ambientes:

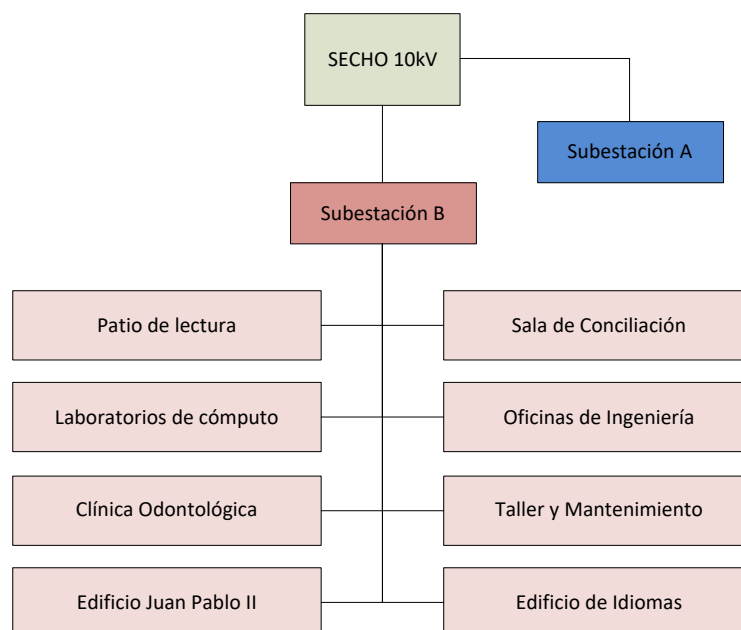
Ilustración 3. Subestación "A"



Fuente. [30]

Subestación B tiene por alimentar lo siguientes ambientes.

Ilustración 4. Subestación "B"



Fuente. [30]

Tabla 5. Pliego tarifario MT4

Tarifa MT4	Tarifa con simple medición de energía activa y contratación o medición de una potencia 1e1p		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	10,82
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	22,75
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presente en hora punta	S./kW-mes	51,98
	Presente fuera punta	S./kW-mes	32,71
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presente en hora punta	S./kW-mes	14,99
	Presente fuera punta	S./kW-mes	14,94
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4,32

Fuente. OSINERMING

Para poder determinar el consumo en soles de la energía de la USAT se necesita el consumo de los últimos seis meses lo cual se han obtenido de las lecturas tomadas,

esto nos conlleva a revisar el historial de lectura del medidor en media tensión y las tenernos en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Energía de los últimos seis meses

Meses	Demanda (kW)		Energía activa (kW/h)			Energía reactiva (kVar.h)	% Energía reactiva
	HP	HFP	HP	HFP	TOTAL		
Noviembre	145,4546	181,8182	11 136,36	44 418,1863	55 554,5511	5 231,8187	9,42%
Diciembre	150,0000	195,4546	7 963,63	35 304,5490	43 268,1862	4 722,7277	10,92%
Enero	86,3636	218,1818	6 777,27	39 140,9100	45 918,1834	5 422,7278	11,81%
Febrero	118,1818	254,5455	7 577,27	45 404,5500	52 981,8239	6 413,6370	12,11%
Marzo	181,8182	272,7273	11 018,18	55 481,8237	66 500,0066	7 431,8189	11,18%
Abril	181,8182	263,6364	12 604,59	58377,2786	70 981.8753	6 159.0915	8,68%

Fuente. Medidor ENSA

Podemos apreciar que en la tabla 6 el consumo de energía reactiva no excede el 30 %, por lo cual no se facturara ya que está dentro del margen. El factor de calificación es superior a 0,50, el usuario es calificado como cliente presente en punta, por ende, pagará un precio unitario mayor por la facturación de potencia.

Se tiene en cuenta el cuadro anterior y obtendremos el consumo en soles de los meses, y esto con lleva al siguiente cuadro:

Tabla 7. Recibo mes de abril del 2019

Tarifa MT4	Tarifa con simple medición de energía activa y contratación o medición de una potencia 1e1p			TOTAL
	Cargo Fijo Mensual	abr-19	10,82	10,82
	Cargo por Energía Activa	70981,8753	0,2275	16 148,3766
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios: Presente en hora punta Presente fuera punta	263,6364	51,9800 32,7100	8 623,5466
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios: Presente en hora punta Presente fuera punta	403,4043	14,9900 14,9400	6 026,8600
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa		4,3200	
TOTAL, EN S/.				30 809,60

Fuente. Fuente propia.

4.4. Evaluación y proyección de la demanda existente

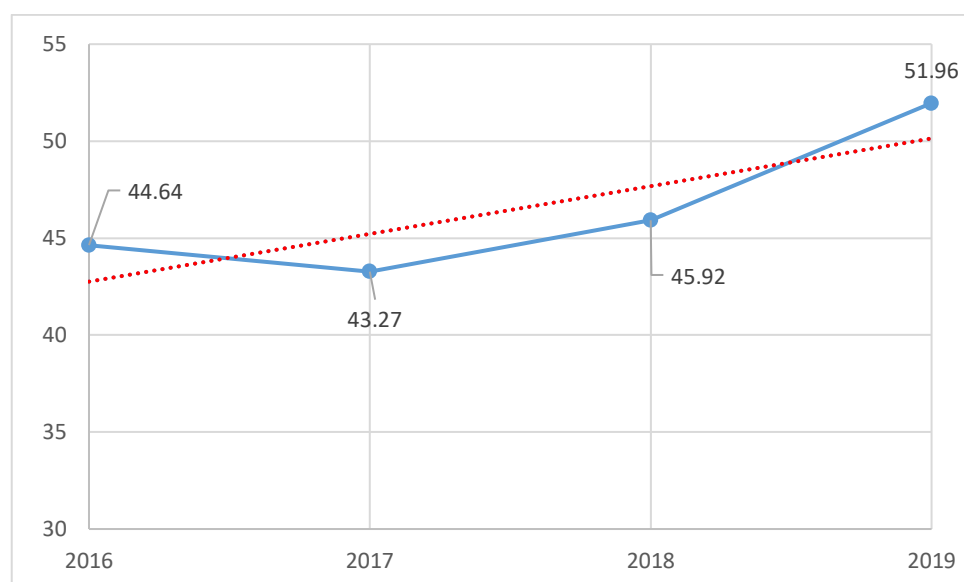
Para realizar esta proyección se tomó en cuenta las lecturas de consumo de energía durante el periodo 2016-2019, lo cual se muestra a continuación.

Tabla 8. Consumo de potencia

Año	Potencia total consumida (kW)
2016	44,64
2017	43,27
2018	45,92
2019	51,96

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se representa de manera gráfica el crecimiento anual del consumo de la potencia existente.



De la imagen anterior se deduce que el consumo de potencia anual adopta una tendencia de crecimiento lineal, por lo tanto, utilizaremos las siguientes ecuaciones para calcular la proyección de la demanda estimada.

$$y = a + bx$$

Donde:

N: cantidad de muestra (4)

$$b = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{N}$$

A continuación, en la tabla () se muestra de manera resumen los valores requeridos para el desarrollo de este análisis.

AÑO	PERIODO (Xi)	DEMANDA (Yi)	Xi*Yi	Xi ²
2016	1	44,64	44,64	1
2017	2	43,27	86,54	4
2018	3	47,59	142,77	9
2019	4	51,96	207,84	16
Total	10	187,46	481,79	30

$$b = \frac{4 * 481,79 - 10 * 187,46}{4 * 30 - 10^2}$$

$$b = 2,628$$

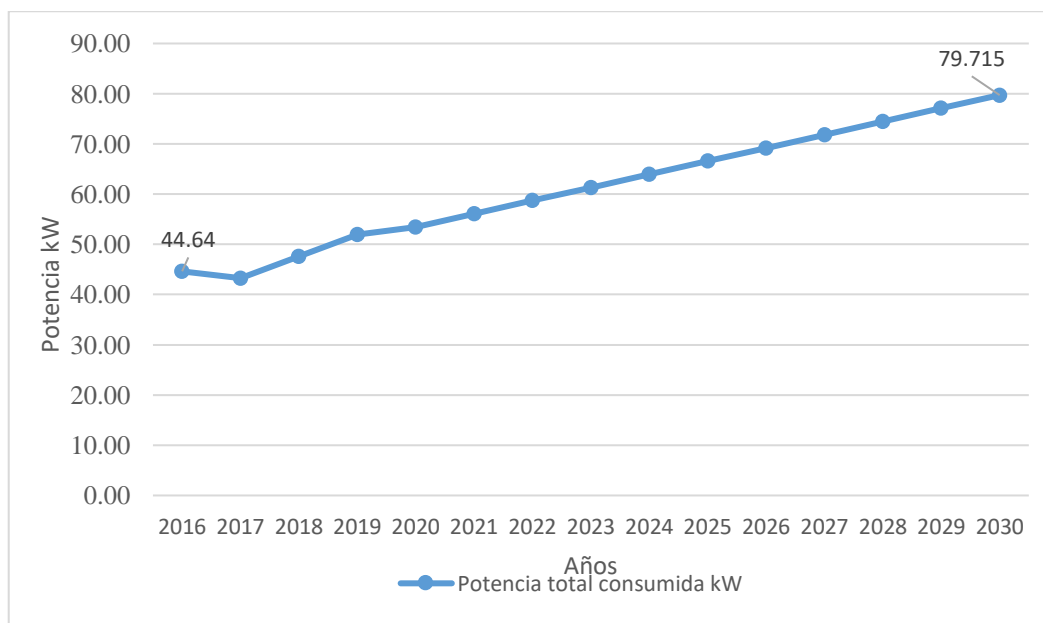
$$a = \frac{187,46 - 2,628 * 10}{4}$$

$$a = 40,295$$

Con estos valores calculados “a ; b” ya podemos estimar el consumo de la potencia hasta el año 2030, los cuales se muestran en la siguiente tabla N()

Año	Potencia total consumida kW $y = a + bx$
2016	44,64
2017	43,27
2018	47,59
2019	51,96
2020	53,44
2021	56,063
2022	58,691
2023	61,319
2024	63,947
2025	66,575
2026	69,203
2027	71831
2028	74,459
2029	77,087
2030	79,715

En la siguiente imagen se representa de manera gráfica la proyección de la demanda consumida hasta el año 2030.



En conclusión, la potencia máxima proyectada hasta el año 2030 es de 80kW, potencia por el cual se tendrá que suministrar con aerogeneradores y paneles fotovoltaicos.

Teniendo la data analizada y proyectada se describe un cuadro resumen:

Tabla 9. Cuadro resumen

Descripción	Potencia en kW
Consumo proyectado USAT	80
TOTAL	80

Fuente. Propia

Para poder autoabastecerse la universidad deberá tener un microgenerador distribuido se tiene que tener una generación de 80 kWh.

Para un balance y distribución de la generación entre energía fotovoltaica y eólica se hará el balance de la siguiente manera:

- a. Generar con energía fotovoltaica: 76 kWh – mensual.
- b. Generar con energía eólica: 4 kWh – mensual.

Los cálculos justificativos de energía fotovoltaica

1. Cálculo para los paneles fotovoltaicos.

a. Generador fotovoltaico.

Se selecciona un panel estándar de 380 Wp teniendo sus características técnicas en el anexo I a.

La energía generada por este panel es de:

$$\text{Energía} = P_{MPP} \times HSP$$

$$\text{Energía} = 380 \times 5.4$$

$$\text{Energía} = 2,052 \text{ Wh}$$

Tabla 10. Características eléctricas del panel solar

Características eléctricas	
Potencia máxima (P_{max})	380 Wp
Voltaje a P_{max} (V_{mpp})	40,02 V
Corriente a P_{max} (I_{mpp})	9,5 A
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	478 V
Corriente a cortocircuito (I_{sc})	10,01 A

Fuente. Chine solar.

b. Número de paneles para el sistema.

$$N_p = \left(\frac{\text{Energía diaria necesaria}}{\text{Energía de un panel}} \right)$$

$$N_p = \left(\frac{76,000}{2,052} \right)$$

$$N_p = 37.04$$

$$\text{Número de paneles} = 40$$

c. Número de paneles en serie y paralelo.

$$N_{serie} = \left(\frac{48}{40} \right) = 1.199 = 2$$

$$\text{Paneles en serie} = 2$$

$$N_{paralelo} = \left(\frac{40}{2} \right) = 20$$

$$\text{Paneles en paralelo} = 20$$

2. Cálculo de capacidad de baterías.

a. Capacidad de baterías.

$$C_{ne}(Ah) = 80400 \times 0,76$$

$$C_{ne}(Ah) = 60,104kW.h/dia$$

Teniendo en consideración que se utilizara batería con capacidades de 260 Ah entonces el número de baterías es:

$$N_{bat} = \left(\frac{2 \times 60,104}{0,7 \times 48} \right)$$

$$N_{bat} = 3\,577,62\,Ah$$

$$N_{bat} = \left(\frac{3\,577,62}{260} \right)$$

$$N_{bat} = 13,76 = 14.$$

Se utilizarán 14 baterías de 260 Ah que cada batería cuesta S/2 540,28 y lo hace un monto total de **S/ 35 563,92.**

Ilustración 5. Batería de 260 Ah



3. Cálculo del controlador de carga.

a. Controlador de carga.

$$I_C = 1,25 \times I_{SC} \times N_p$$

$$I_C = 1,25 \times 9,5 \times 40$$

$$I_C = 475A$$

El número de reguladores sabiendo que la elección será con los de 70 A.

$$N_{reg} = \frac{475}{70}$$

$$N_{reg} = 6.79$$

$$N_{reg} = 7$$

Se usarán siete (7) controladores **VICTRON ENERGY** de 70 A de precio unitario de S/3,533.31 siendo un costo de **S/24 733,17**.

Ilustración 6. Controlador VICTRON ENERGY



Fuente. <https://www.panelsolarperu.com/productos/87-controlador-mppt-bluesolar-15070-12243648-70a-victron.html>

4. Cálculo de inversor.

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{4,106}{0,94}$$

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = 5 \text{ kW}$$

Se tendrán 13 inversores de 5 kW.

Comercialmente inversor es de 5 kW el cual tiene un precio de S/ 8 789,62.

Ilustración 7. Inversor de tensión.



Phoenix Inverter
24/5000

Fuente. <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers>

Cálculos y material de energía eólica.

Velocidad (m/s)	Potencia (W)	Horas	Energía (Wh)
0	0	0,00	0,00
1	0	32,36	0,00
2	0	123,73	0,00
3	20	213,06	4 261,20
4	200	211,30	42 260,32
5	400	120,56	48 225,49
6	650	37,07	24 096,28
7	1,100	5,61	6 171,46
8	1,600	0,38	603,17
9	2,500	0,01	25,18
10	3,600	0,00	0,34

El aerogenerador genera 126 643,44 kWh y considerando los días del mes, la energía promedio diaria entregada por el aerogenerador es de 4 053,01 kWh por día.

4.4 Evaluación de los beneficios ambientales y económicos que se obtendrán con el mejoramiento del sistema eléctrico en la USAT.

4.4.1 Evaluación de beneficios ambientales

Para la viabilidad será dada por el metrado del proyecto y del área disponible por parte de la universidad para ejecutar. Los cálculos de área tanto para el proyecto y el área techada están en los anexos X y anexo IX, respectivamente.

Del área techada la universidad se escogió la más cercana a las subestaciones para que la caída de tensión por longitud del cable sea mínima, la zona escogida ha sido el considerado eje 3 del edificio antiguo la cual el plano está presente en el anexo XIII

Tabla 11. Área techada y del proyecto.

Descripción	Área (m ²)
Área techada USAT.	693
Área de proyecto.	363.072

Fuente. Elaboración propia.

Como el cuadro anterior nos da a conocer que el área destinada es suficiente para poder ejecutar el proyecto sin ningún problema.

Como se tiene conocimiento la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo es la primera universidad a nivel departamental de Lambayeque que está reconocida en la huella de carbono y eficiencia energética, siendo así este un proyecto que se aprovecharía para disminuir la emisión de carbono por medio de la generación de electricidad.

De acuerdo a las entidades como OSINERMING, MINEM, MINAM, realizaron guía de reporte anual de gases de efecto invernadero del 2012 (anexo XI), se concluye que por los diferentes combustibles utilizado para la generación eléctrica y la diversificada red eléctrica con la que cuenta el Perú se llega a $128 \text{ g de CO}_2/\text{kWh}$.

Si se sabe que la universidad genera un promedio de 80 kWh para poder abastecer el consumo de la casa de estudio llevando al siguiente cálculo:

$$128 \text{ g de CO}_2/\text{kWh} \times 80 \text{ kWh} = 10\,240 \text{ g de CO}_2$$

Se disminuiría la emisión de gases de efecto invernadero de 10,240 *g de CO₂* por hora en la universidad.

Cálculo por día de emisión de gases:

$$10\,240\text{ g de CO}_2 \times 24 = 245\,760\text{ g de CO}_2 \text{ por día}$$

Se dejarían de emitir 245 760 *g de CO₂* por día

Calcular por año:

$$245\,760\text{ g de CO}_2 \times 365 = 89\,702\,400\text{ g de CO}_2 \text{ por año}$$

No se emitirían 89 702,4 *kg de CO₂* por año.

El proyecto tiene una proyección de 20 años lo cual conllevaría a una disminución de gases de efecto invernadero.

$$89\,702,4\text{ kg de CO}_2 \times 20 = 1\,794\,048\text{ kg de CO}_2$$

Sabemos que en 20 años hay 5 días más, ya que cada 4 años ay un año bisiesto.

$$1\,794\,048\text{ kg de CO}_2 + (4 \times 89\,702,4\text{ kg de CO}_2) \\ 2\,152\,857,6\text{ kg de CO}_2$$

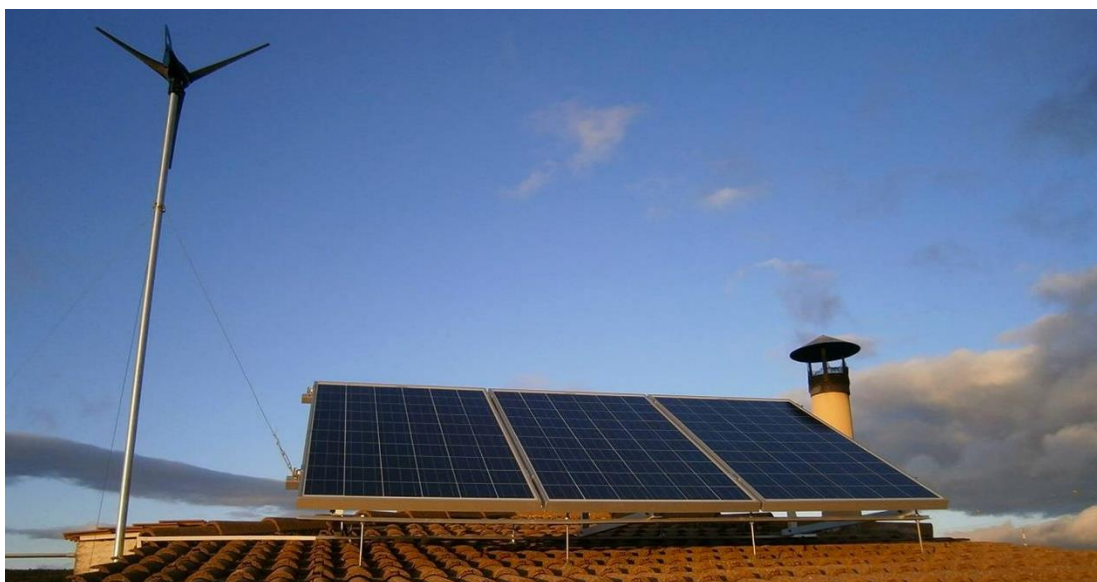
Donde podemos saber que durante el tempo que está proyectada la propuesta de la implementación del sistema eólico fotovoltaico se disminuirá **2 152 857,6 kg de CO₂**, de gases de efecto invernadero.

4.4.2 Evaluación económica del sistema a implementar en la USAT

Al realizar el análisis costo beneficio del proyecto teniendo en cuenta que los datos para realizarlo son los siguientes:

- Inversión del proyecto : S/. 425 122,46.
- Mantenimiento : S/. 1 500,00 anualmente.
- Depreciación de equipos : S/. 6 910,21 anualmente.
- Reemplazo de equipos : S/. 33 204,80 durante los 20 años
- Promedio ahorro en energía: S/. 293 697,35 promedio anual de consumo de energía eléctrico.
- Tasa de descuento : 12%.
- Flujo de caja : Anexo VII.

Ilustración 8. Proyecto eólico fotovoltaico.



Fuente. <https://engimia.com/blog/sistemas-autonomos-hibridos-eolico-y-fotovoltaico-ventajas-y-desventajas>

Tabla 12 Evaluación económica

AÑO	COSTOS				COSTOS	INGRESOS	Beneficio	FLUJO
	INVERSION	CAMBIO DE EQUIPOS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	PERDIDAS POR DEPRECIACION	TOTAL	AHORRO EN ENERGIA	Total	ECONOMICO
0	425 122,46	0			425 122,46		-425 122,46	-425 122,46
1	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	-139 635,32
2	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	145 851,82
3	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	431 338,96
4	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	716 826,10
5	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	1 002 313,24
6	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	1 287 800,38
7	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	1 573 287,52
8	0	8 789,62	1 500,00	6 910,21	17 199,83	293 897,35	276 697,52	1 849 985,04
9	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	2 135 472,18
10	0	24 733,17	1 500,00	6 910,21	33 143,38	293 897,35	260 753,97	2 396 226,15
11	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	2 681 713,29
12	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	2 967 200,43
13	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	3 252 687,57
14	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	3 538 174,71
15	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	3 823 661,85
16	0	8 789,62	1 500,00	6 910,21	17 199,83	293 897,35	276 697,52	4 100 359,37
17	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	4 385 846,51
18	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	4 671 333,65
19	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	4 956 820,79
20	0	0	1 500,00	6 910,21	8 410,21	293 897,35	285 487,14	5 242 307,93

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13. Resultados finales.

RESULTADOS FINALES					
INVERSION	425 122,46	miles S/.	VAN	1 694 360,46	miles S/.
TASA DE DESCUENTO	12%	%	TIR	67	%
VAN COSTOS	500 889,22	miles S/.	PAY BACK	2	Años
VAN BENEFICIOS	2 195 249,69	miles S/.	B/C	4,38	

Fuente. Elaboración propia.

Habiendo hecho el análisis de egresos e ingresos del proyecto, se harán uso de indicadores para poder interpretar de manera objetiva la inversión desde la perspectiva económica. Se necesitará determinar la tasa de descuento y el horizonte de evaluación del proyecto.

Tasa de descuento. - Es la representación de la rentabilidad mínima que exige el proyecto de acuerdo al riesgo, además al obtenerse se podrá utilizar para el conocimiento del VAN (valor actual neto) del proyecto.

Los flujos de cajas se decantarán una mínima tasa de descuento del 12 %.

Tiempo del proyecto. - Se está siendo proyectada en un tiempo estimado de 20 años, en el cual se determinará la rentabilidad del proyecto.

VAN (Valor actual neto). - Cantidad monetaria que son el retorno del flujo neto del futuro hacia el presente con la tasa de descuento. Todo proyecto es aceptable cuando el valor del VAN es mayor a cero, de lo contrario será rechazado.

Para calcular el valor actual neto se utilizará la siguiente ecuación:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^n}$$

Donde:

I_0 : Es la inversión inicial.

- BN: Beneficios netos del periodo
 r: Tasa de interés
 n: Número de periodos considerados.
 t: Tiempo

Con la tabla 8 de resultados finales, se llega a la conclusión que el proyecto propuesto es rentable durante los 20 años de operación del proyecto.

Tabla 14. VAN del proyecto

Tasa de descuento	VAN (S/.)	Decisión
12%	1 694 360,46	El proyecto tiene muy rentable, se debe realizar el proyecto.

Fuente. Elaboración propia.

Tasa interna de retorno (TIR). – Es la tasa de interés que reduce a cero el valor del flujo de beneficios netos.

Para calcular el valor de la tasa de retorno se utilizará la siguiente expresión:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} = 0$$

El criterio que se selecciona para aceptar o rechazar el proyecto es fundamentado si el TIR es mayor a la tasa de descuento el proyecto es aceptable y si es menor a la tasa de descuento se rechazará.

Tabla 15. TIR del proyecto

Tasa de descuento	TIR	Decisión
12%	67%	Proyecto aceptable.

Fuente. Elaboración propia.

Habiendo realizado el cálculo del TIR para el proyecto propuesto se aprecia que la tasa de descuento es menor con respecto a nuestro TIR, con lo cual se concluye que el proyecto es rentable.

Obteniendo todos los datos podemos ver que el proyecto es rentable ya que el TIR y VAN nos indican que es aceptable el proyecto.

También sabemos que el tiempo de recuperación está proyectada que en quinto año se debe haber recuperado la inversión realizada.

Periodo de recuperación (Payback)

Para calcular el periodo de recuperación se tiene que tener en cuenta dos aspectos:

- Flujos de caja igual: Para este tipo de análisis se emplea la siguiente ecuación:

$$Payback = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

I_0 : Es la inversión inicial del proyecto

F : Es el valor de los flujos de caja

- Flujos de caja diferente: En este tipo de análisis los flujos de caja son variables, para ello se calcula con la siguiente ecuación

$$Payback = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

Donde:

a : Es el número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial

I_0 : Es la inversión inicial del proyecto

b : Es la suma de los flujos hasta el final del periodo "a"

F_t : Es el valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión

En la siguiente tabla se muestra los valores de los flujos de caja junto a su periodo de recuperación.

Tabla 16 Flujo de caja

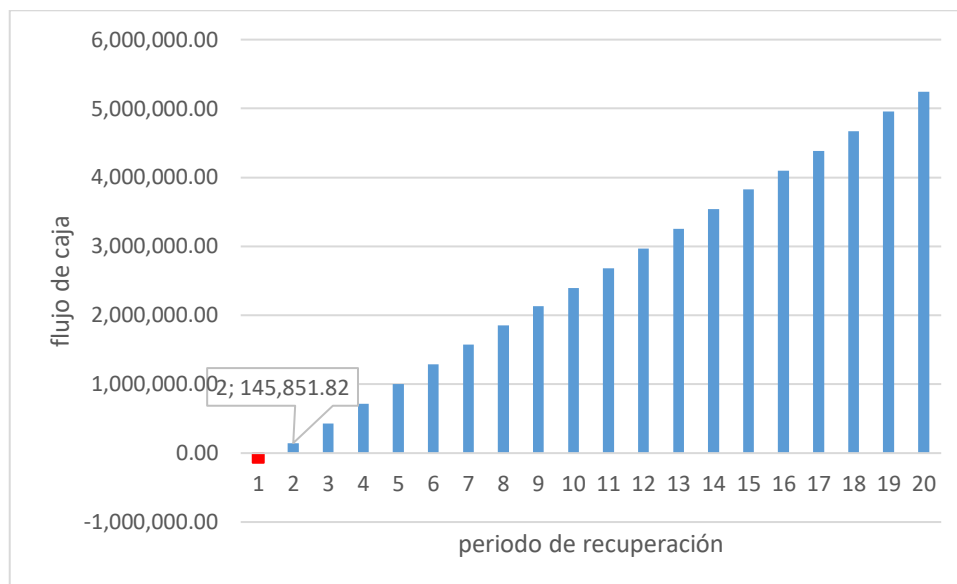
PERIODO	VALOR ACTUAL DE LOS FLUJOS	FLUJO DE CAJA
0	-425 122,46	-425 122,46
1	293 897,35	-139 635,32
2	293 897,35	145 851,82
3	293 897,35	431 338,96
4	293 897,35	716 826,10
5	293 897,35	1 002 313,24
6	293 897,35	1 287 800,38
7	293 897,35	1 573 287,52
8	293 897,35	1 849 985,04
9	293 897,35	2 135 472,18
10	293 897,35	2 396 226,15
11	293 897,35	2 681 713,29
12	293 897,35	2 967 200,43
13	293 897,35	3 252 687,57
14	293 897,35	3 538 174,71
15	293 897,35	3 823 661,85
16	293 897,35	4 100 359,37
17	293 897,35	4 385 846,51
18	293 897,35	4 671 333,65
19	293 897,35	4 956 820,79
20	293 897,35	5 242 307,93

Fuente. Elaboración propia.

$$Payback = 1 + \frac{425122,46 - 139635,32}{293897,35}$$

$$Payback = 2 \text{ Años}$$

En la siguiente figura se observa cómo va ascendiendo el periodo de recuperación.

Figura 19 Periodo de recuperación

Fuente. Elaboración propia.

De esta imagen se concluye que a partir del 2^{do} periodo ya hay una recuperación de S/.145 851,82. Lo cual este resultado nos permite calificar que el proyecto es sumamente viable, por su corto periodo de recuperación de la inversión.

CONCLUSIONES

1. Se determino las condiciones actuales del sistema en lo que respecta al consumo de energía eléctrica en hora punta, fuera de punta y monto facturado en tablas mensuales y anuales en donde se refleja su tendencia de crecimiento y que cantidad de energía se necesita generar para abastecer la universidad
2. Teniendo documentación tanto del sector eólico y fotovoltaico, como por ejemplo los atlas, SENAMHI, NASA; se puede obtener datos para poder desarrollar el proyecto y llegando a una conclusión que la zona donde se encuentra la universidad católico Santo Toribio de Mogrovejo donde se pueden promediar que se tiene en radiación fotovoltaico se tiene $4.7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ y en lo eólico se tiene una velocidad promedio de $6,5 \text{ m/s}$.
3. Se determino la cantidad de 40 Paneles Fotovoltaicos los cuales están conectados en serie y paralelo y un módulo eólico que suministrarán 76 kWh y 4 kWh de energía respectivamente, realizándose un sistema hibrido foto – eólico.
4. Por el tiempo proyectado de la propuesta que es de 20 años se realizaron los cálculos y la disminución de gases de efecto invernadero es de $2\,152\,857,6 \text{ kg de CO}_2$, además realizando el análisis costo beneficio se obtiene el proyecto es rentable, porque los indicadores conllevan a la aceptación del proyecto con un VAN positivo de S/. 1 694 360,46, una TIR de 67 % y un tiempo de recupero de la inversión en 2 años.

RECOMENDACIONES

Con el trabajo realizado se ha llegado a las siguientes recomendaciones.

1. Se recomienda colocar una pequeña estación meteorología para obtener datos más específicos de la ubicación donde se encuentra la universidad y poder tener un cálculo más exacto de cuanta energía renovables se puede generar.
2. Realizando la primera recomendación podría llevar a que la universidad pueda ser un microgenerador de energía renovables, y pase de ser consumidor de ENSA a ser un abastecedor de energía, a ser una reserva de energía en caliente.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas, «Energía asequible y no contaminante,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [2] Banco Mundial, «A pesar del lento avance hacia las metas mundiales en materia de energía, las fuertes mejoras en los países resultan prometedoras,» 02 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/05/02/sustainable-development-goal-sdg-7-global-progress-report>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [3] L. Flores, «Enel Green Power: "Las sobreofertas no son eternas, se terminan en el 2021 o 2022",» *Semana Económica*, 28 Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://semanaeconomica.com/article/sectores-y-empresas/energia/340795-enel-green-power-las-sobreofertas-no-son-eternas-se-terminan-en-el-2021-o-2022/?ref=mfh>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [4] Ministerio de Energía y Minas, «Ministerio peruano devela que producción eléctrica nacional creció 5,9% en febrero,» *América Economía*, 23 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ministerio-peruano-devela-que-produccion-electrica-nacional-crecio-59-en-febrero>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [5] D. Schemerler, «Osinergmin asegura que existe oportunidad de inversión en nuevas fuentes de energía en Perú,» *Revista Energiminas*, 03 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.energiminas.com/osinergmin-asegura-que-existe-oportunidad-de-inversion-en-nuevas-fuentes-de-energia-en-peru/>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [6] L. Flores, «Enel Green Power estudia nuevos prospectos eólicos en Lambayeque y Piura,» *Diario Gestión*, 27 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/empresas/enel-green-power-estudia-nuevos-prospectos-eolicos-lambayeque-piura-262523>. [Último acceso: 09 Abril 2019].
- [7] R. A. Hincapié, J. M. Home y R. A. Gallego, «Nuevo modelo para la expansión de sistemas eléctricos de distribución con generación distribuida considerando un planeamiento multi-etapa coordinado,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 18, nº 1, pp. 43-53, 2017.
- [8] B. Rodríguez, M. Fernández y N. Fernández, «Análisis del ciclo de vida de la generación distribuida en Cienfuegos,» *Ingeniería Energética*, vol. 35, nº 3, pp. 274-285, 2014.
- [9] R. Peña, «Control de sistemas de generación distribuida renovable mediante conceptos de pasividad y de moldeo de potencia,» Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, 2016.

- [10] G. A. Campusano, «Impacto de la generación distribuida en la operación de la distribución,» Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2013.
- [11] M. Á. Bojorquez, «Planteamiento de un parque eólico marino en la costa peruana: regiones de Ica, Piura y La Libertad,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2018.
- [12] C. E. Sánchez, «Efectos de la generación distribuida sobre los sistemas de protección de una red de distribución radial típica en 10 kV de la ciudad de Arequipa,» Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 2014.
- [13] L. E. Quicio, «Propuesta de un aerogenerador para el suministro de energía eléctrica en la I.E. San Francisco de Paredones, San José, 2016,» Universidad César Vallejo, Lima, 2016.
- [14] J. A. Chercca, «Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO₂ en el poblado rural La Gramita de Casma,» Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2014.
- [15] A. J. Chapoñán, «Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala-Mórrope-Lambayeque.,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2018.
- [16] J. C. Cieza, «Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostel Lancelot ubicado en Chiclayo-Chiclayo-Lambayeque,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2017.
- [17] L. C. Lossio, «Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para suministrar de energía eléctrica al caserío Señor de la Humildad distrito de Incahuasi-Lambayeque,» Universidad César Vallejo, Chiclayo, 2016.
- [18] V. Y. Bravo y D. J. Gamarra, «Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2016.
- [19] J. C. Schallenberg, G. Piernavieja, C. Hernández, P. Unamunzaga, R. García, M. Díaz, D. Cabrera, G. Martel, J. Paredilla y V. Subiela, Energías renovables y eficiente energética, Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A., 2008.
- [20] A. Vásquez, J. Tamayo y J. Salvador, La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático, Lima: Osinergmin, 2017.
- [21] SENAMHI; Ministerio de Energía y Minas, «Atlas de energía solar del Perú,» SENAMHI, Lima, 2003.
- [22] O. Perpiñán, Energía solar fotovoltaica, Madrid: Creative Commons, 2015.
- [23] Ministerio de Energía y Minas, «Atlas eólico del Perú,» Ministerio de Energía y Minas del Perú, Lima, 2016.

- [24] TECSUP, *Definiciones y términos utilizados*, Lima: TECSUP, 2016.
- [25] TECSUP, *Diseño de la red primaria*, Lima: TECSUP, 2016.
- [26] Ministerio de Energía y Minas, *Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida*, Lima: MINEM Perú, 2018.
- [27] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios y H. Romero, *Metodología de la investigación. Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis.*, Bogota: Ediciones de la U, 2018.
- [28] MIMEN, «ATLAS SOLAR DEL PERU,» 2011.
- [29] MIMEN, «ATLAS EOLICO DEL PERÚ,» 2016.
- [30] R. F. E. Diez, «Diseño de un sistema de gestión energética para la aplicación de la norma ISO 5001 en el campus de la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo,» 2016.
- [31] MINAM, «Elaboración del reporte anual de gases de efecto invernadero.,» 2012.

ANEXOS

Anexo I. Energía fotovoltaica:

Parámetros del sistema fotovoltaico		
Batería	Rendimiento (n_{bat})	95%
	Profundidad de descarga máxima estacional ($P_{Dmax,e}$)	70%
	Profundidad de descarga máxima diaria ($P_{Dmax,d}$)	35%
Inversor	Rendimiento (n_{inv})	94%
Conductores	Rendimiento (n_{con})	97%
Sistema	Voltaje (V_{DC})	12
	Factor global de funcionamiento (PR)	80%
	Factor de corrección de temperatura (F_{CT})	97%

Anexo I a. Ficha técnica panel solar.



370 - 390 Wp

www.axitec-solar.com

AXITEC
high quality german solar brand

AXIpremium HC

144 halfcell monocrystalline
High performance solar module

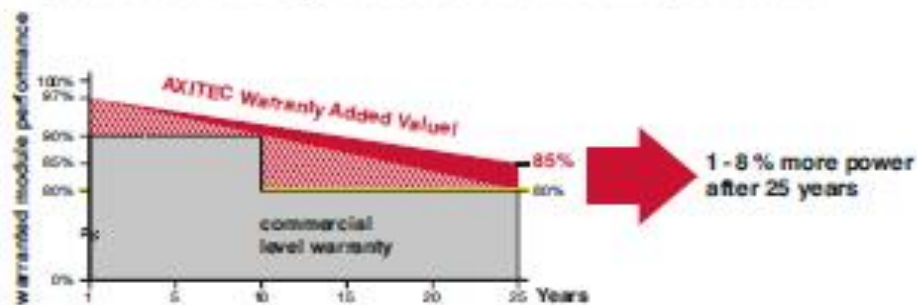
The advantages:

- 15** Year 15 years manufacturer's warranty
- HC** Highest module performance through Half-Cut-technology and tested materials
- + Wp** Guaranteed positive power tolerance from 0-5 Wp by individual measurement
- 2400Pa** Maximum 2400 Pa snow load
- 1mm** 100% electroluminescence inspection
- AXITEC** High stability due to AXITEC-Soft-Grip-Seam aluminium frame construction
- IP68** High quality junction box and connector systems



Exclusive linear AXITEC high performance guarantee!

- 15 years manufacturer's guarantee on 90% of the nominal performance
- 25 years manufacturer's guarantee on 85% of the nominal performance





AXIpremium HC 370 - 390 Wp

Electrical data (at standard conditions (STC) irradiance 1000 W/m², spectrum AM 1.5 at a cell temperature of 25°C)

Type	Nominal output P _{mp}	Nominal voltage U _{mp}	Nominal current I _{mp}	Short circuit current I _{sc}	Open circuit voltage U _{oc}	Module conversion efficiency
AC-370MH144S	370 Wp	39,60 V	9,35 A	9,65 A	47,40 V	18,65 %
AC-375MH144S	375 Wp	39,01 V	9,63 A	9,90 A	47,01 V	18,90 %
AC-380MH144S	380 Wp	40,02 V	9,50 A	10,01 A	47,60 V	19,15 %
AC-385MH144S	385 Wp	40,24 V	9,58 A	10,10 A	46,11 V	19,41 %
AC-390MH144S	390 Wp	40,50 V	9,64 A	10,21 A	46,30 V	19,66 %

Design

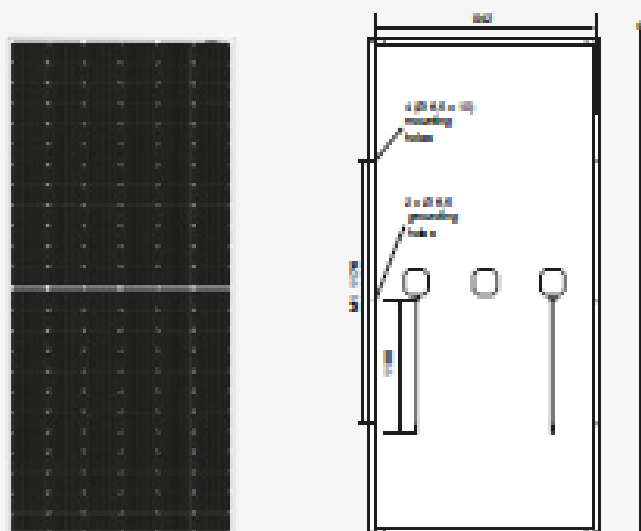
Frontside	3,2 mm hardened, low-reflection white glass
Cells	144 monocrystalline high efficiency cells 150,75 mm x 78,50 mm
Backside	Composite film
Frame	40 mm silver aluminium frame

Mechanical data

L x W x H	2000 x 990 x 40 mm
Weight	32,6 kg with frame

Power connection

Socket	Protection Class IP68
Wires	approx. 1,1 m, 4 mm ²
Plug-in system	Plug/socket IP68



All dimensions in mm

Limit values

System voltage	1000 VDC
NOCT (nominal operating cell temperature)*	45°C +Δ2K
Max. load-carrying capacity	2400 N/m ²
Reverse current feed (R)	20,0 A
Permissible operating temperature	-40°C to 85°C / -40°F to 185°F

(No external voltage greater than U_{oc} may be applied to the module)

* NOCT, irradiance 800 W/m², AM 1,5; wind speed 1 m/s; Temperature 20°C

Temperature coefficients

Voltage U _{oc}	-0,26 %/K
Current I _{sc}	0,04 %/K
Output P _{mp}	-0,39 %/K


Low-light performance (Example for AC-370MH144S)

I-V characteristic curve	Current I _{pp}	Voltage U _{pp}
200 W/m ²	1,60 A	37,65 V
400 W/m ²	3,20 A	38,20 V
600 W/m ²	5,09 A	38,45 V
800 W/m ²	7,01 A	38,70 V
1000 W/m ²	9,35 A	39,60 V

Packaging

Module pieces per pallet	25
Module pieces per HC-container	520


Anexo I b. Ficha técnica del controlador.




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



Controlador de carga solar MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar MPPT 150/70-MC4

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)
Especialmente con cielos nubosos, 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.

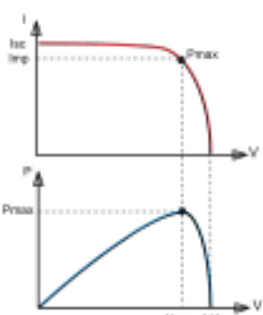
Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

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 sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles PV.
Protección de corriente inversa PV.

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
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila Inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



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 x 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.

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 (dV) (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia PV máxima, 12V (a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1400 W
Potencia PV máxima, 24V (a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2800 W
Potencia PV máxima, 48V (a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4800 W	5600 W
Tensión máxima del circuito abierto PV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías				
Eficiencia máxima	145 V en arranque y funcionando al máximo				
Autoconsumo	30 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 16,8 / 17,6 / 17,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 13,8 / 14,4 / 15,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-15 mV / °C, -10 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fiable, no accionable por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
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 PV (2)	35 mm ² /KAWG (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)
Bases de batería	35 mm ² / AWG
Tipo de protección	IP20 (componentes electrónicos), IP23 (línea de conexión)
Peso	3 kg / 4,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 180 x 200 x 85 mm / Modelos MC4: 215 x 200 x 85 mm / Modelos Tr: 210 x 200 x 100 mm / Modelos MC4: 240 x 200 x 100 mm


ESTÁNDARES	
Seguridad	DNV-IEC 61549
(a) Si se conecta más potencia PV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. (b) La tensión PV debe exceder en 0,1 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión PV mínima será de Vbat + 1V. (c) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.	

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 3521 JG Almere | Países Bajos
 Centralita: +31 (0)76 525 97 00 | Fax: +31 (0)76 525 97 40
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Anexo I c. Ficha técnica de la batería.








DC 12-260 (12V 260Ah)



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	260Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 74.0 kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 3.5 mΩ
Terminal	F 14(M8)
Max. Discharge Current	2600A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	78.0 A
Reference Capacity	C3 201.3AH C5 229.0AH C10 260.0AH C20 274.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V-13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.0 V-14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C-60°C Charge: 0°C-50°C Storage: -20°C-60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly self-discharge rate is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

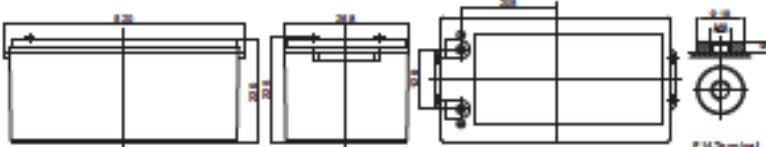


DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offers 30% more cycle life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, RV, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.

Dimensions



Length	620mm (24.41in)
Width	260mm (10.24in)
Height	220mm (8.66in)
Total Height	230mm (9.06in)
Terminal	Value
M8	Ø-7 17mm
M8	Ø-10 17mm
M8	Ø-12 17mm

Unit:mm

Constant Current Discharge Characteristics :A(25°C)

F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	542.8	427.9	248.0	155.7	96.2	71.7	57.3	48.3	32.9	27.9	14.2
1.65V	524.7	415.0	242.8	152.8	94.5	70.6	56.5	47.7	32.6	27.6	14.1
1.70V	501.1	398.2	236.0	148.9	92.4	69.1	55.4	46.9	32.1	27.3	13.9
1.75V	469.6	375.6	226.6	143.6	89.4	67.1	54.0	45.8	31.4	26.7	13.7
1.80V	427.3	345.2	213.7	136.3	85.3	64.4	52.0	44.2	30.5	26.0	13.3
1.85V	369.6	303.3	195.6	125.8	79.4	60.4	49.1	42.0	29.1	25.0	12.9

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

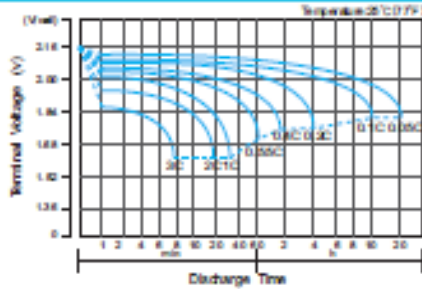
F. V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	92.3	748	451	291	182	137	110	93.0	64.3	54.9	28.0
1.65V	91.6	741	448	289	180	136	109	92.4	63.8	54.4	27.8
1.70V	88.4	717	437	282	177	133	107	91.0	62.9	53.7	27.5
1.75V	84.3	686	424	274	172	130	105	89.2	61.7	52.8	27.0
1.80V	78.1	640	404	261	165	125	101	86.5	60.0	51.4	26.4
1.85V	68.7	570	374	243	154	118	96.0	82.4	57.4	49.4	25.5

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three days discharge cycle (not the minimum values).

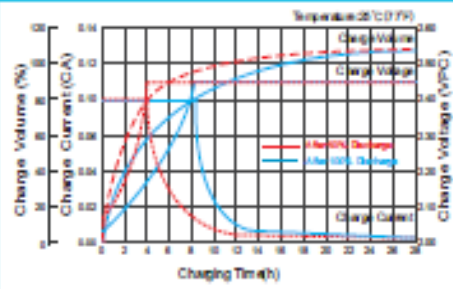
DC12-260(12V260Ah)



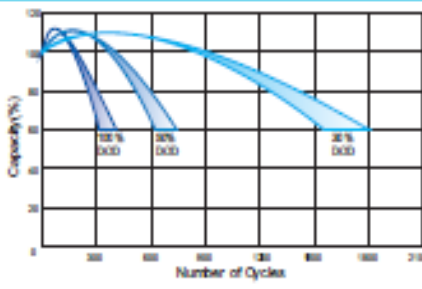
Discharge Characteristics Curve



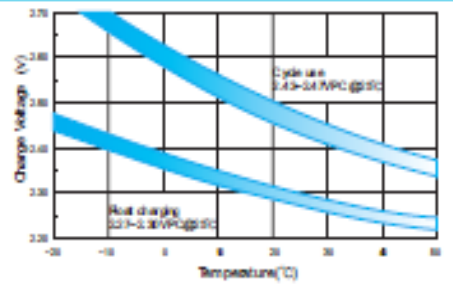
Charge Characteristic Curve for Cycle Use(U)



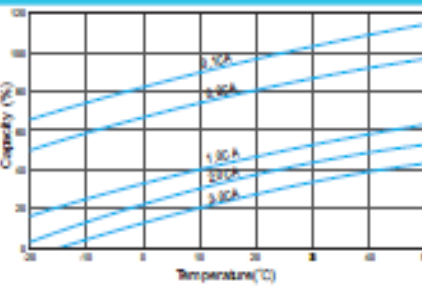
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



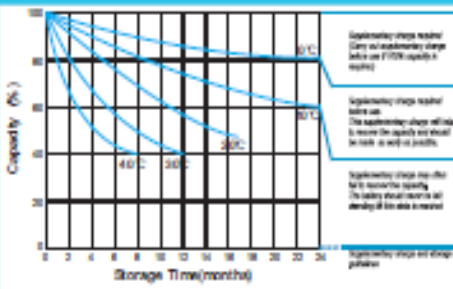
Relationship Between Charging Voltage and Temperature



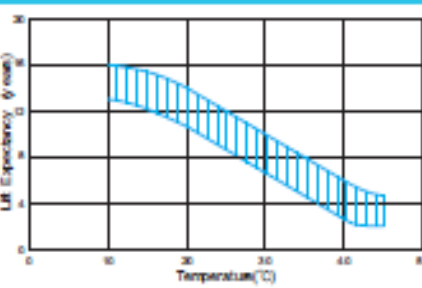
Temperature Effects on Capacity



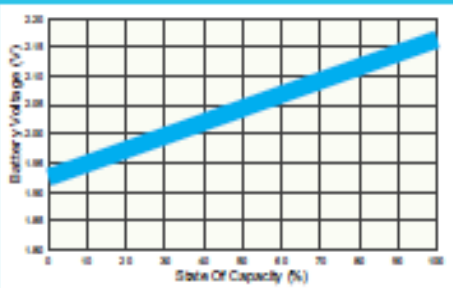
Storage Characteristics



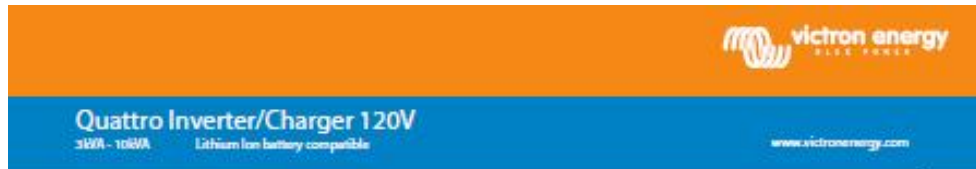
Effect of Temperature on Long Term Life



Relationship of OCV And State of Charge(25°C)



Anexo I d. Ficha técnica del inversor.



Quattro
48/5000/70-100/100

Two AC inputs with integrated transfer switch

The Quattro can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro will automatically connect to the active source.

Two AC Outputs

The main output has no-break functionality. The Quattro takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption. The second output is live only when AC is available on one of the inputs of the Quattro. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

Virtually unlimited power thanks to parallel operation

Up to 6 Quattro units can operate in parallel. Six units 48/10000/140, for example, will provide 48kW / 60kVA output power and 600 Amps charging capacity.

Three phase capability

Three units can be configured for three phase output. But that's not all: up to 6 sets of three units can be parallel connected to provide 144kW / 180kVA inverter power and more than 2500A charging capacity.

PowerControl - Dealing with limited generator, shore side or grid power

The Quattro is a very powerful battery charger. It will therefore draw a lot of current from the generator or shore side supply (16A per 5kVA Quattro at 230VAC). A current limit can be set on each AC input. The Quattro will then take account of other AC loads and use whatever is spare for charging, thus preventing the generator or mains supply from being overloaded.

PowerAssist - Boosting shore or generator power

This feature takes the principle of PowerControl to a further dimension allowing the Quattro to supplement the capacity of the alternative source. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro will make sure that insufficient mains or generator power is immediately compensated for by power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. Loss of mains detection software is available.

System configuring

- In case of a stand-alone application, if settings have to be changed, this can be done in a matter of minutes with a DIP switch setting procedure.
- Parallel and three phase applications can be configured with VE.Bus Quick Configure and VE.Bus System Configurator software.
- Off grid, grid interactive and self-consumption applications, involving grid-tie inverters and/or MPPT Solar Chargers can be configured with Axistarts (dedicated software for specific applications).

On-site Monitoring and control

Several options are available: Battery Monitor, Multi Control Panel, Vic-Net Blue Power panel, Color Control panel, smartphone or tablet (Bluetooth Smart), laptop or computer (USB or RS232).

Remote Monitoring and control

Victron Ethernet Remote, Versus GX and the Color Control Panel.

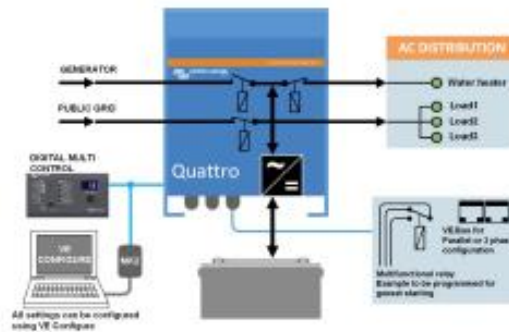
Data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

Remote configuring

When connected to the Ethernet, systems with a Color Control panel can be accessed and settings can be changed.



Color Control panel, showing a PV application



Quattro	48/2000/25-50/50 120V	12/5000/220-100/100 120V 24/5000/120-100/100 120V 48/5000/70-100/100 120V	48/10000/140-100/100 120V
PowerControl / PowerAssist	Yes		
Integrated Transfer switch	Yes		
AC inputs (x3)	Input voltage range: 90-140 VAC Input frequency: 60-65 Hz Power factor: 1		
Maximum feed through current	2x 50 A	2x 100 A	2x 100 A
INVERTER			
Input voltage range	95 - 17 V 19 - 32V 38 - 66 V		
Output (%)	Output voltage: 120 VAC ± 2% Frequency: 60 Hz ± 0.1%		
Cont. output power at 25°C (%)	3000 VA	5000 VA	10000 VA
Cont. output power at 25°C (W)	2400 W	4000 W	8000 W
Cont. output power at 40°C	2200 W	3700 W	6500 W
Cont. output power at 55°C	1700 W	3000 W	4500 W
Peak power	6000 W	10000 W	20000 W
Maximum efficiency	94 %	94 / 94 / 95 %	96 %
Zero load power	25 W	30 / 30 / 25 W	55 W
Zero load power in ACS mode	20 W	20 / 25 / 20 W	25 W
Zero load power in Search mode	12 W	10 / 10 / 15 W	20 W
CHARGER			
Charge voltage absorption (V DC)	57,6 V	14,4 / 28,8 / 57,6 V	57,6 V
Charge voltage float (V DC)	55,2 V	12,8 / 27,6 / 55,2 V	55,2 V
Storage mode (V DC)	52,8 V	12,2 / 26,4 / 52,8 V	52,8 V
Charge current house battery (A) (%)	25 A	200 / 120 / 70 A	140 A
Charge current starter battery (A)	4 A (12V and 24V models only)		
Battery temperature sensor	Yes		
GENERAL			
Auxiliary output (%)	22 A	50 A	50 A
Programmable relay (%)	2x		
Protection (%)	2+2		
VE.Bus communication port	For parallel, split phase and three phase operation, remote monitoring and system integration		
General purpose com. port	2x		
Remote on-off	Yes		
Common Characteristics	Operating temp.: -40 to +65°C Humidity (non-condensing): max. 95%		
ENCLOSURE			
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21		
Battery connection	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)		
230 V AC connection	Score length: 11 mm ¹⁾ 6 AWG	Bolts M5	Bolts M6
Weight (kg)	40 lb / 19 kg	75 / 66 / 66 lb / 24 / 20 / 30 kg	120 lb / 58 kg
Dimension (height)	14,2 x 10,2 x 8,6 inch 362 x 258 x 218 mm	18,5 x 14,0 x 11,2 inch 17,5 x 12,8 x 9,6 inch 17,5 x 12,8 x 9,6 inch	470 x 250 x 230 mm 444 x 228 x 240 mm 444 x 228 x 240 mm
STANDARDS			
Safety	EN-IEC 60325-1, EN-IEC 60325-2-26, EN-IEC 62109-1		
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3		
Road vehicles	12V and 24V models: CE R10 S		
Anti-islanding	See our website		
1) Can be adjusted to 140 Hz, 120 V and 120 mm required 2) Protection key 3) output short circuit by overload 4) battery voltage too high 5) battery voltage too low 6) temperature too high 7) no AC on inverter output 8) input voltage mode too high	1) Non-linear load correction 11 2) At 25°C Ambient 3) Switches off when no external AC source available 4) Programmable relay that can act as either general alarm, DC under voltage or normal start/stop function AC rating: 250 V / 6 A DC rating: 4 A up to 11 VDC / 1 A up to 6 VDC		



Digital Multi Control Panel
A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.



Blue Power Panel
Connects to a Multi or Quattro and all VE.Net devices, in particular the VE.Net Battery Controller. Graphical display of currents and voltages.

Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX
Monitoring and control. Locally, and also remotely on the [VE.V Panel](#).



MK3-USB VE.Bus to USB interface
Connects to a USB port [see a guide to VE.Components](#)



VE.Bus to NMEA 2000 interface
Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network. See the [NMEA2000 & NBD Integration guide](#)



BMV-700 Battery Monitor
The BMV-700 Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV-700 selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go.

Anexo II. Energía eólica.

Para el sistema eólico se propone la utilización de un aerogenerador AIR 50 3000 de REVOSOLAR R.L.

Ilustración 9. Aerogenerador AIR 30 PRO 3 kW



Fuente. <https://www.enair.es/es/aerogeneradores/e30pro>

Velocidad (m/s)	Potencia (W)	Horas	Energía (Wh)
0	0	0,00	0,00
1	0	32,36	0,00
2	0	123,73	0,00
3	20	213,06	4 261,20
4	200	211,30	42 260,32
5	400	120,56	48 225,49
6	650	37,07	24 096,28
7	1,100	5,61	6 171,46
8	1,600	0,38	603,17
9	2,500	0,01	25,18
10	3,600	0,00	0,34

El aerogenerador genera 126 643,44 kWh y considerando los días del mes, la energía promedio diaria entregada por el aerogenerador es de 4 053,01 kWh por día.

Anexo II a. Ficha técnica del aerogenerador 30PRO.



E30PRO

FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 30PRO es capaz de generar más de 30kWh/día



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

Numero de palas	3
Material de palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominales imanes de neodimio
Potencia	3000W
Potencia Nominal	1900W (según IEC 61400-2)
Tensión	24/48/220V
Clase de viento	CLASS I-IEC 61400-2/NVNI-A
Diámetro	3,80m
Sentido de Giro	Horario
Área de barrido	11,34m ²
Peso	125kg
Aplicaciones	Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s
Velocidad nominal	11m/s
Vel. regulación paso variable	12m/s
Velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento
Orientación	Sistema pasivo con timón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrífugo con dos vel.
Transmisión	Directa
Freno	- Electromagnético por cortocircuito - Mecánico (opcional) - Aerodinámico mediante paso variable - Manual o automático por viento o por tensión de baterías
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor eólico	Eficiencia 97%, algoritmo MPPT
Ruido	48dB Reducción al mínimo gracias al diseño de las palas y a las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celosía, presilla y tubular, abatibles o fijas, altura variable



3,4m



125kg



3,80m



Avenida de Ibi, 44 - P.O. 182 C.P. 03420 | Castalla (Alicante), España
+34 96 556 00 18 info@enair.es

www.enair.es

E30PRO Wind Turbine

FICHA TÉCNICA

PASO VARIABLE PASIVO



Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que (gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.

Obtención:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas de viento
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

CONTROL ELECTRÓNICO



Sistema de gestión de la energía inteligente

Conexión de baterías:

7 tipos de baterías programables (liso, plomo, gel, etc.)
Cargador con pulsos de derivación a resistencias en caso de sobrecarga. Solo deriva el exceso que no puede cargar para proteger las baterías.

Conexión a red:

Las inversiones MPPT programadas con la curva de potencia óptica maximizan la producción en todo momento. Compatibles con redes trifásicas y monofásicas en sistemas europeos y americanos.



MAYOR ENERGÍA



MAYOR EFICIENCIA



MAYOR ROBUSTEZ

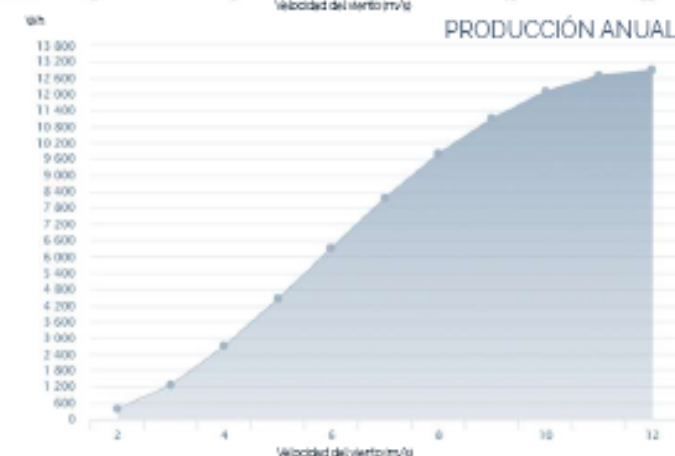


MAYOR SEGURIDAD

CLASS I WIND TURBINE

IEC 61400-2/NVI-A

CURVA DE POTENCIA



Minimo ruido

El ruido está en torno a un 41 por encima del ruido ambiente siendo prácticamente imperceptible para nuestro oído.

Safety-brake

Nuevo sistema de seguridad mecánica acoplada al eje que garantiza el frenado bajo las condiciones más adversas, para vientos incluso mayores de 70m/s.

Anticorrosivo

El uso de pinturas epoxy lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antióxido ideal para islas y costas.

Anti-icing and Hermetic

Utiliza acrílico de resina estructural con una composición química anticongelante al hielo y de máxima resistencia para temperaturas de hasta -50°C. Sellado hermético.

Storm-detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de seguridad del aerogenerador totalmente automático combinado con el safety-brake.

Remote-Control

Control combinado con el Venuz de Vidcon que permite la marcha/pase del aerogenerador de forma remota.

BBS (Battery Brake System)


Sistema inteligente que mide el nivel de carga de la batería y permite detener al aerogenerador cuando la batería llega a la tensión de consigna ralentizando la marcha cuando baja su carga.



Avenida de Ibi, 44 - PO. 182 C.P. 03420 | Castalla (Alicante), España
+34 96 556 00 18 info@enair.es

www.enair.es


Anexo II b. Ficha técnica del cargador eólico.



Cargador EÓLICO ENAIR - PRO - 120A – 24/48V

Características

- Control de carga de viento avanzada a DC y disipación a resistencia.
- Regulador para sistemas de 24 y 48V y corriente de 120A
- La carga en cuatro etapas: inicial, absorción, flotación y equalización, permite maximizar el rendimiento del sistema y aumenta la duración de las baterías.
- Display LCD multifunción con información detallada
- Todas las funciones principales se pueden ajustar con los interruptores DIP



MODELO	PCE-ENAIR-120
Eléctricos	
Clasificación del voltaje del sistema	24/48V
Control de carga de intensidad	120 A
Control de carga de disipación	120 A (carga de derivación)
Precisión	24 V : ± 0.1% + 50mV 48 V : ± 0.1% + 100mV
Mínima tensión de continua para operar	9 VDC
Máxima tensión de continua para operar	68 VDC
Máximo 3 fases de entrada en alterna	100 VAC
Consumo en reposo	6mA
Consumo en funcionamiento	50mA
Apagado por alta temperatura	90°C desconecta la carga / derivación de la carga 70°C reconecta la carga / carga / derivación de la carga
Potencia de pulso	7000w
Respuesta	< 5 nanosegundos
Protegió contra polarización inversa	SI
Protegió de sobre descargas	SI
Protegió de sobrecargas	SI
Protegió de cortocircuitos de aerogenerador	SI
Contra corrientes invertida nocturna	SI
Protegió de sobre tensión del aerogenerador y baterías	SI
Baterías	
Algoritmo de carga	MPPT por curva, con filtro de frecuencia modulado
Coefficiente de temperatura	-5mV/C / célula (25°C ref)
Rango de temperatura	0°C a + 50°C
Etapas de carga	Cuatro etapas: inicial, absorción, flotación y equalización
Físicos	
Clase de protección (según IEC 60529)	IP22
Dimensiones, D x W x H (mm)	345 x 248 x 170
Peso Neto (kg)	8,4
Terminales de alimentación	Calificación 120 A
Entorno Operativo	
Temperatura ambiente	-40° C – + 45° C
Temperatura de almacenamiento	-55° C – + 85° C
Humedad	100% (N/C)
Diseño	Cubierta ventilada (de acero con recubrimiento en polvo)

*Reservado el derecho a cambio sin previo aviso

ENAIR ENERGY S.L. Adva. Ibi, 44 | P.O. 182 C.P. 3420 Castalla (Alicante), España CIF B54483656
 Tel. +34 96 556 00 18 | Info@enair.es | www.enair.es

Anexo II c. Ficha técnica del controlador eólico.

Controlador EÓLICO

ENAIR PRO-GRID





Características

- Amplo rango de voltaje de entrada
- Su alta eficiencia garantiza una eficiente transmisión de potencia
- Protección del equipo eléctrico cuando cae la red eléctrica de repente

MODELO	R-PRO-GRID
Potencia nominal de entrada	20kW
Máxima tensión de entrada CA	500V
Máxima corriente de entrada CA	40A
Potencia de salida	12kW
	1.300-400V
Opciones de la tensión de derivación CC	2.400-500V
	3.500-800V
Potencia de derivación	8kW
Máxima tensión de derivación	750V
Máxima corriente de derivación	30A
Eficiencia	> 99.3%
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25°C ~ 60°C
Protección	IP65
Tamaño (alto x ancho x profundo)	370 x 275 x 135 (mm)
Peso	7kg

* Sujeto a cambios sin previo aviso

 ENAIR ENERGY S.L. Adva. Ibi, 44 | P.O. 182 C.P. 3420 Castalla (Alicante), España CIF B54483656
 Tel. +34 96 556 00 18 | info@enair.es | www.enair.es

Anexo III Calculo de cableado

Para realizar el cálculo de cableado se necesita conocer la longitud del tramo de las conexiones en el siguiente cuadro de se presentan los datos en consideración:

Tramo	Longitud (m)	Valor máximo admisible
Aerogenerador - controlador	15	1%
Controlador (aerogenerador) - Baterías	15	1%
Panel fotovoltaico-controlador	12	1%
Regulador - baterías	12	1%
Acumulador - inversor	12	1%
Inversor – Tablero general	10	1%

Para calcular la sección necesaria para conductor eléctrico en cada tramo del sistema, se toma en cuenta la siguiente fórmula:

$$S(mm^2) = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{\nabla V}$$

Donde:

$4,4 \times 10^{-2}$ = factor de conductividad del cobre

L= Longitud del tramo(m)

I=Máxima corriente (A)

ΔV =Tención máxima en serie (V)

Tramo aerogenerador – controlador:

Voltaje de salida aerogenerador (V)	220
Caída de tensión	1%
∇V (V)	2,2

De tabla anterior se infiere que la caída de voltaje máxima es de 2,2 V. para calcular la corriente en el tramo se utilizó la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P(\text{Watts})}{V}$$

Obteniendo como resultados:

Corriente en el tramo	
Voltaje de salida aerogenerador (V)	220
potencia del aerogenerador (W)	3000
Corriente (A)	13,64
Recomendación del CNE	125%
Corriente en tramo (A)	17,05

Por recomendación del CNE se le agrega un 25% al valor obtenido teniendo como corriente en el tramo de 17.05 A, para finalizar se calculó la sección del cable, el cual utilizaremos la fórmula anteriormente descrita:

Longitud del tramo (m)	15
∇V (V)	2,2
sección del cable (mm ²)	5,11

La sección del cable es 5,11 milímetros cuadrados, en tablas de selección de secciones para el cable NHX – 90 (Anexo IV) no existe tal sección es por ello que seleccionó la sección de 6 milímetros cuadrados.

Para verificar si la selección del cable es el indicado se tomará como referencia el voltaje máximo admisible y recalculando la sección del cable con la fórmula anteriormente descrita, lo se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\nabla V = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{S(\text{mm}^2)}$$

Verificación	
∇V (V)	1,875
$\nabla V\%$	0,852272727

De la anterior tabla se puede verificar que el valor no supera la caída de tensión máxima admisible, concluyendo que la selección del cable es la indicada para el tramo.

Tramo controlador (aerogenerador) – Baterías:

Para este tramo se consideró el voltaje de salida del aerogenerador y la caída de tensión máxima permisible:

voltaje de salida del regulador del aerogenerador (V)	220
caída de tensión	1%
∇V (V)	2,2

Para la hallar la corriente en el tramo se tomó en cuenta los siguientes datos, representados en el siguiente cuadro:

$$I = \frac{P(\text{Watts})}{V}$$

Corriente en el tramo	
Voltaje de salida regulador (V)	220
Potencia de llegada al regulador (W)	3000
Corriente (A)	13,64

La corriente en el tramo es de 13.64 A, la cual nos permite calcular la sección del cable, obteniéndose los siguientes resultados:

Longitud del tramo (m)	15
∇V (V)	2,2
Sección del cable (mm ²)	4,09

La sección del cable calculada es 4.09 milímetros cuadrados, con el valor hallado se pudo seleccionar la sección del cable según la tabla del conductor NHX – 90.

Para verificar si la selección es correcta se recalculó la sección, con un valor de voltaje de caída máximo del 1%, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

$$\nabla V = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{S(\text{mm}^2)}$$

Verificación	
∇V (V)	1,50
$\nabla V\%$	0,68181818

Con lo cual se verifica que la selección de la sección del cable es el correcto.

Tramo: paneles fotovoltaicos – controlador:

Para el cálculo de este tramo se utilizaron los datos del voltaje máximo del panel, para obtener el voltaje de caída máximo permisible, los datos son presentados en el siguiente cuadro:

Tensión máxima de los paneles (V)	40,02
Caída de tensión	1%
∇V (V)	0,4002

Para determinar la sección del cable, se terminó la corriente del tramo en el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

longitud del tramo (m)	12
Corriente de corto circuito (A)	10,01

Por lo tanto, la sección del cable aplicando la siguiente fórmula será:

$$S(mm^2) = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{\nabla V}$$

Sección de cable (mm2)	13,2
------------------------	------

Según el cálculo obtenido la sección del cable es 13,2 milímetros cuadrados, de las tablas del conductor NHX – 90 se seleccionó la sección de 16 milímetros cuadrados (Anexo IV).

Para la verificación de la sección del cable seleccionado, se recalcula con la siguiente fórmula:

$$\nabla V = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{S(mm^2)}$$

Verificación	
∇V	0,33
$\nabla V\%$	0,83

Se puede visualizar que el porcentaje no supera el 1%, con lo cual se deduce que la sección del cable es la correcta.

Tramo controlador - baterías:

Para la selección de la sección del tramo se utilizaron los siguientes datos:

Corriente de corto circuito del panel (A)	10,01
Longitud del tramo (m)	12
Caída de tensión	1%
Tensión a la salida del regulador (V)	48
∇V (V)	0,48

Del anterior cuadro se infiere que la caída máxima admisible es 0,48 V, con los datos presentados se determinó la sección del cable la cual aplicando la siguiente fórmula:

$$S(mm^2) = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{\nabla V}$$

Sección de cable (mm2)	11,01
------------------------	-------

La sección del cable real es 16 milímetros cuadrados de acuerdo a las tablas del conductor NHX – 90 (ANEXO IV), para la verificación de la sección se utilizó la siguiente fórmula:

$$\nabla V = 4,4 * 10^{-2} \frac{L * I}{S(mm^2)}$$

verificación	
∇V (V)	0,33033
∇V (%)	0,6881875

De la tabla se verifica que el valor no supera el 1% por lo tanto la sección escogida es la correcta.

Tramo acumulador inversor:

Como los datos del tramo son lo mismo se utilizará la misma sección del cable entonces se tomará la sección de 16 milímetros cuadrados del conductor NHX – 90 (Anexo IV).

Tramo inversor – tablero:

El tablero presenta energía trifásica lo cual se trabajará con los siguientes datos:

Potencia que se alimenta (KW)	46.87
Voltaje (V)	380
Factor de potencia	0.85

Para calcular la corriente en el tramo se aplicó la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi}$$

corriente en el tramo (A)	83,88
---------------------------	-------

Según el CNE recomienda el aumentar un 25% con lo cual se obtiene una corriente en el tramo de:

se le agrega 25%	104,85 A
solo lo soporta el cable	25 mm ²

Según las tablas del conductor NHX – 90 se obtuvo 25 milímetros cuadrados de sección en el tramo, para de determinar una mejor organización se presenta un cuadro donde se detalla el tramo con su respectiva sección de conductor:

TRAMO	LONGITUD (m)	CALIBRE CONDUCTOR NHX-90 (mm ²)
Aerogenerador – controlador	15	6
Controlador (aerogenerador) – Acumulador	15	6
Panel fotovoltaico – Regulador	12	16
Regulador – Acumulador	12	16
Acumulador – Inversor	12	16
Inversor – Tablero general	10	25

Anexo IV. Ficha técnica del cable



FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

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 general en todas las instalaciones en ductos que requieran capacidades de corriente mayores al NH-80.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoestable no halogenado.

Características

Alta resistencia dieléctrica, es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) 450/750 V <Sección> <Año>

Calibres

2.5 mm² – 300 mm²

Embalaje

De 2.5 a 6 mm²: En rollos estándar de 100 metros.

De 10 a 300 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 6 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo y verde.

Mayores de 10 mm²: solo en color negro (*)



Norma(s) de Fabricación
NTP 370.252, IEC 60754-2,
IEC 60332-3 CAT. C
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
90 °C

TABLA DE DATOS TECNICOS NHX-90

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	RE. ELECT. MAX. CC 20°C	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	ohm/km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	7.41	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	48	4.61	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	3.08	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	116	1.83	88	62
16	7	1.69	4.67	1.1	6.9	174	1.15	124	85
25	7	2.13	5.88	1.1	8.1	265	0.727	158	107
35	7	2.51	6.92	1.1	9.1	359	0.524	197	135
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	489	0.387	245	160
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	689	0.268	307	203
95	19	2.51	11.55	1.4	14.4	942	0.193	375	242
120	37	2.02	13.00	1.7	16.4	1197	0.153	437	279
150	37	2.24	14.41	1.7	17.8	1456	0.124	501	318
185	37	2.51	16.16	1.7	19.6	1809	0.0991	586	361
240	37	2.87	18.51	1.7	21.9	2352	0.0754	654	406
300	37	3.22	20.73	2	24.7	2959	0.0601	767	462

(*) No más de tres conductores por ducto.

Temperatura ambiente: 30°C.

Anexo V. Presupuesto económico.

Tabla 17. Valor referencial para suministros de materiales para el sistema eólico - fotovoltaico

Descripción	Costo unitario (S/)	Costo (S/)
Aerogenerador IR 50 3000 (1)	36 164,00	36 164,00
Torre de 12 m y controlador eólico (1)	24 019,93	24 019,93
Paneles solares 380Wp (40)	780	31 200,00
Baterías RITAR de 260 Ah (14)	2 540,28	35 563,92
Inversor VICTR14980.ON ENERGY de 5 kW (1)	8 789,62	8 789,62
Estructuras para 4 paneles solares (10)	2 572,90	25 729,00
Controladores 150/70 (7)	3 533,31	24 733,17
Accesorios	7 500,00	7 500,00
TOTAL DE SUMINISTROS		193 699,64

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 18. Costos de montaje electromecánico

Montaje Electromecánico	
Descripción	Costo (S/)
Montaje de paneles solares	19 500,5
Montaje de aerogenerador	21 900,3
Montaje de estructuras de paneles solares	5 500,7
Montaje de baterías	5 600,9
Montaje de conexión a la red	1 144,96
Total de costo electromecánico	53 646,52

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 19. Costo directo

Descripción	Costo (S/)
Suministro de materiales	193 669,64
Montaje electromecánico	53 646,52
Transporte de materiales	38 567,37
COSTO DIRECTO	428 679,13

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 20. Coste de transporte de materiales

Transporte de materiales	
Descripción	Costo (S/)
Transporte de paneles	10600,5
Transporte de aerogenerador	10600,5
Transporte de baterías	10000
Transporte de estructuras solares	5000,5
Transporte de accesorios	365,57
Grua	2000,3
Coste de transporte de materiales	38567,37

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 21. Presupuesto total.

Descripción	Soles (S/)
Suministro de materiales	193 699,64
Montaje electromecánico	53 646,52
Transporte de materiales	38 567,37
TOTAL	285 913,53
Gastos generales (10%)	28 591,35
Utilidad (15%)	42 887,03
Costo total sin I.G.V	357 391,91
I.G.V.	64 330,54
Costo referencial	421 722,46
Capacitaciones	3 400,00
PRESUPUESTO TOTAL	425 122,46

Fuente. Elaboración propia.

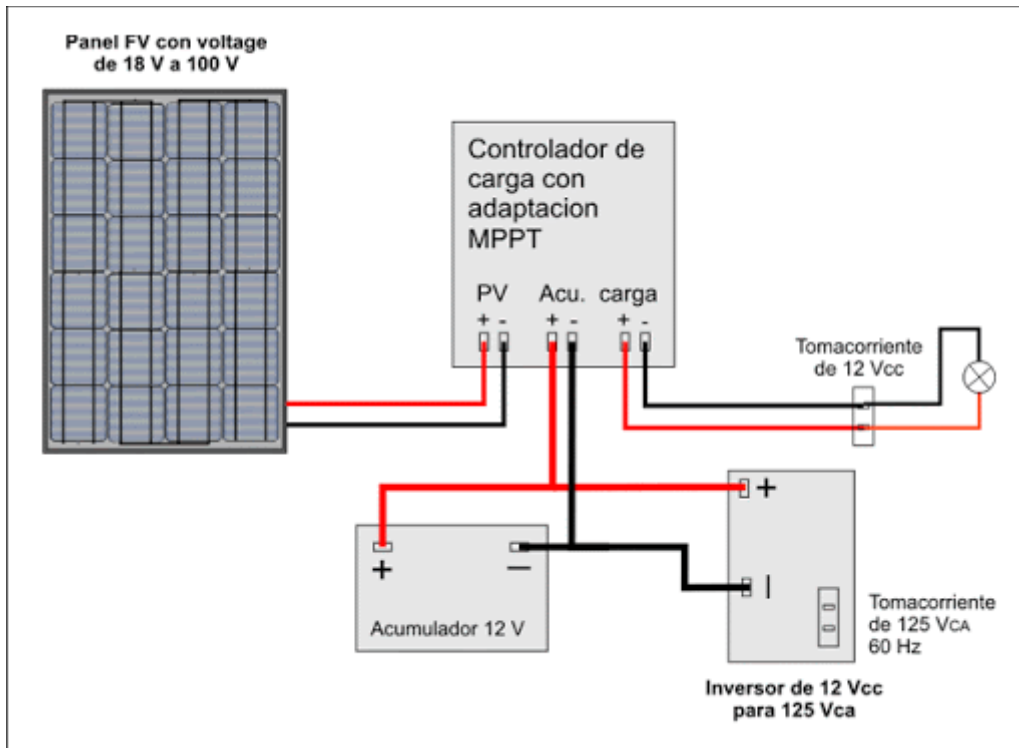
La propuesta tiene un monto de inversión de **Cuatrocientos veinticinco mil ciento veintidós con 46/100 (S/425 122,46)**.

Anexo VI. Depreciación de materiales del proyecto.

Equipos	Vida útil	Cantidad	Costo uni. (S/)	Costo total (S/)	Depre/año
Panel solar	20	40	780	31 200,00	1 560,00
Controlador	10	7	3 533,31	24 733,17	2 473,32
Inversor	8	1	8 789,62	8 789,62	1 098,70
Batería	20	14	2 540,28	35 565,92	1 778,19
Depreciación Total (S/)					6 910 ,21

Tenemos que la depreciación anual de los elementos fotovoltaicos es de **seis mil novecientos diez con 21/100 (6 910,21)**

Ilustración 10. Elementos fotovoltaicos que se deprecian.



Anexo VII. Flujo de caja.

		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS	Inversión	425122,46										
	Fondo generado		293 897,35	293897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35
EGRESOS	Depreciación de equipos		6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	14 601,13	6 910,21	30 083,38
	Panel solar		1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	24 733,17
	Controlador		2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32
	Inversor		1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	8 789,62	1 098,70	1 098,70
	Baterías		1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19
flujo de efectivo neto			286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	279 296,22	286 987,14	263,813,97

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35	293 897,35
6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21	14 601,13	6 910,21	6 910,21	6 910,21	6 910,21
1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00	1 560,00
2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32	2 473,32
1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70	8 789,62	1 098,70	1 098,70	1 098,70	1 098,70
1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19	1 778,19
286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14	279 296,22	286 987,14	286 987,14	286 987,14	286 987,14

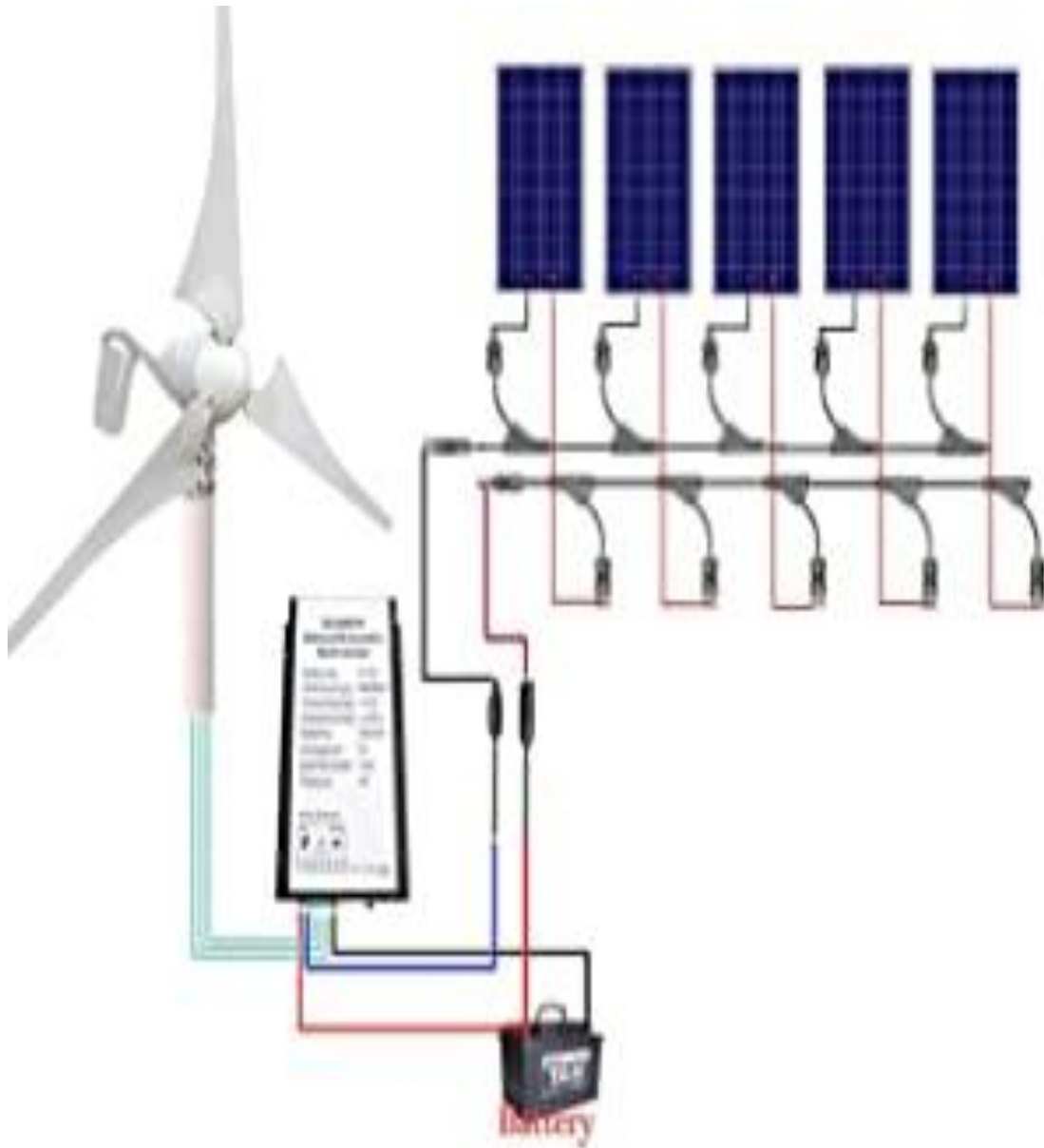
Anexo VIII. Sistema eólico fotovoltaico.**Ilustración 11.** Sistema eólico fotovoltaico.

Tabla 22. Cuadro de Áreas.

EDIFICIO	ÁREA (m²)
EDIFICIO JUAN PABLO SEGUNDO	1 290
EDIFICIO ANTIGUO EJE 1	537
EDIFICIO ANTIGUO EJE 2	467
EDIFICIO ANTIGUO EJE 3	693
BBIBLIOTECA LABORAL Y EDIFICIO ADMINISTRATIVO	874
EDIFICIO DE IDIOMAS	336
OFICINA DE CONCILIACIÓN	235
EDIFICIO DE ODONTOLOGÍA	600
PATIO DE LECTURA 2	211
CAFETERÍA	497
PRE CLINICO ODONTOLÓGICO	310
TOTAL	6 050

Fuente. Elaboración propia.

Anexo X. Área de paneles Solares.

Dimensiones del panel solar seleccionado (380Wp):

- Ancho : 2,000 mm.
- Altura : 992 mm.
- Espesor : 40 mm.

Área por panel es de $2 m^2$, todos los paneles hacen un total de $80 m^2$.

Dimensiones de la batería seleccionada (260Ah):

- Longitud : 520 mm.
- Ancho : 268 mm.
- Altura : 225 mm.

Área por batería es de $0,1394 m^2$, teniendo en cuenta que la conexión son 2 en serie y 7 en paralelo con la cantidad de batería seleccionadas hacen un área total de $2,01 m^2$.

Dimensiones del controlador seleccionado (150/70):

- Longitud : 215 mm.
- Ancho : 250 mm.
- Altura : 95 mm.

Área por controlador es de $0,05375 m^2$, siendo un total de $0,5375 m^2$ de área total de controladores.

Dimensiones del inversor seleccionado (5kW):

- Longitud : 344 mm.
- Ancho : 488 mm.
- Altura : 572 mm.

Área por inversor es de $0,17 m^2$.

Dimensiones del aerogenerador seleccionado (30 PRO):

- Longitud : 400 mm.
- Ancho : 400 mm.
- Altura : 14 000 mm.

Área del aerogenerador es de $16 m^2$.

Tabla 23. Área del proyecto

Descripción.	Área m^2
Panel solar.	80
Batería.	2
Controlador.	0,5375
Inversor.	0,17
Aerogenerador.	16
TOTAL	98,7075

Fuente. El

El área total del proyecto es de $98,7075 m^2$ pero consideraremos $100 m^2$ en el plano del área del proyecto.

Anexo XI. Emisiones de gases MINAM.

Tabla 24. Codificación y categorías del sector energía – combustión estacionaria y emisiones fugitivas.

Codificación ¹					Nombre de la categoría	Explicación	Gases
S	C	SC	F	SF			
1					Energía	Todas las emisiones de gases de efecto invernadero que emanan de la combustión y las fugas de combustible. Las emisiones de los usos no energéticos de los combustibles no suelen incluirse aquí, sino que se declaran en el sector Procesos industriales y uso de productos	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
	1A				Quema de combustibles	Emisiones de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para calentar y proporcionar calor a un proceso como calor o como trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
		1A1			Industrias de energía	Incluye las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
			1A1a		Producción de electricidad y calor como actividad principal	La suma de emisiones de los productores de electricidad como actividad principal, la generación combinada de calor y energía, y las centrales de calor. Los productores como actividad principal (conocidos anteriormente como servicios públicos) se definen como aquellas empresas cuya actividad principal es brindar un suministro al público. Pueden ser de propiedad pública o privada. Deben incluirse las emisiones procedentes del uso de combustibles en el sitio propio. Las emisiones de los autoprodutores (empresas que generan electricidad/calor total o parcialmente para su propio uso, como actividad que respalda sus actividades primarias) deben asignarse al sector en que fueron generadas y no en 1A1 a. Los autoprodutores pueden ser de propiedad pública o privada.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1ai	Generación de electricidad	Incluye las emisiones de todos los usos de combustible para la generación de electricidad de productores como actividad principal, excepto las centrales combinadas de calor y energía.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1ai1	Generación de electricidad en el SEIN ²		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1ai2	Generación de electricidad en el SA ³		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1ai3	Plantas generadoras de energía ⁴		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aii	Generación combinada de calor y energía (CHP, por sus siglas en inglés)	Las emisiones de la producción de calor y energía eléctrica de los productores como actividad principal para vender al público en una única instalación CHP.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aiii	Centrales de calor	Producción de calor por parte de los productores como actividad principal, para vender mediante una red de tuberías	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1b	Refinación de petróleo	Todas las actividades de combustión que respaldan la refinación de los productos del petróleo incluyen la quema en el sitio para la generación de electricidad y calor para uso propio. No incluye las emisiones por evaporación que ocurren en la refinería. Estas emisiones deben declararse por separado en 1B2a.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂

Fuente. Elaboración MINAM [31].

Tabla 25. Consumo de combustible - empresas generadoras de electricidad.

Tipo de combustible		SEIN	SA	Unidad
Código	Nombre			
DB5	Biodiésel 5	22,923,615.97	4,572,678.00	gal
GN	Gas natural	3,855,676,355.27	-	m ³
RQ	Residual 500	7,067,070.91	-	gal
R6	Residual 6	1,356,356.00	12,720,231.00	gal
BZ	Bagazo	686,349.09	-	t
CA	Carbón	221,461.24	-	t
OT	Otros (vapor de agua y otros combustibles no fósiles)	6,625,340.89	-	-
OT1		270,818.66	-	-

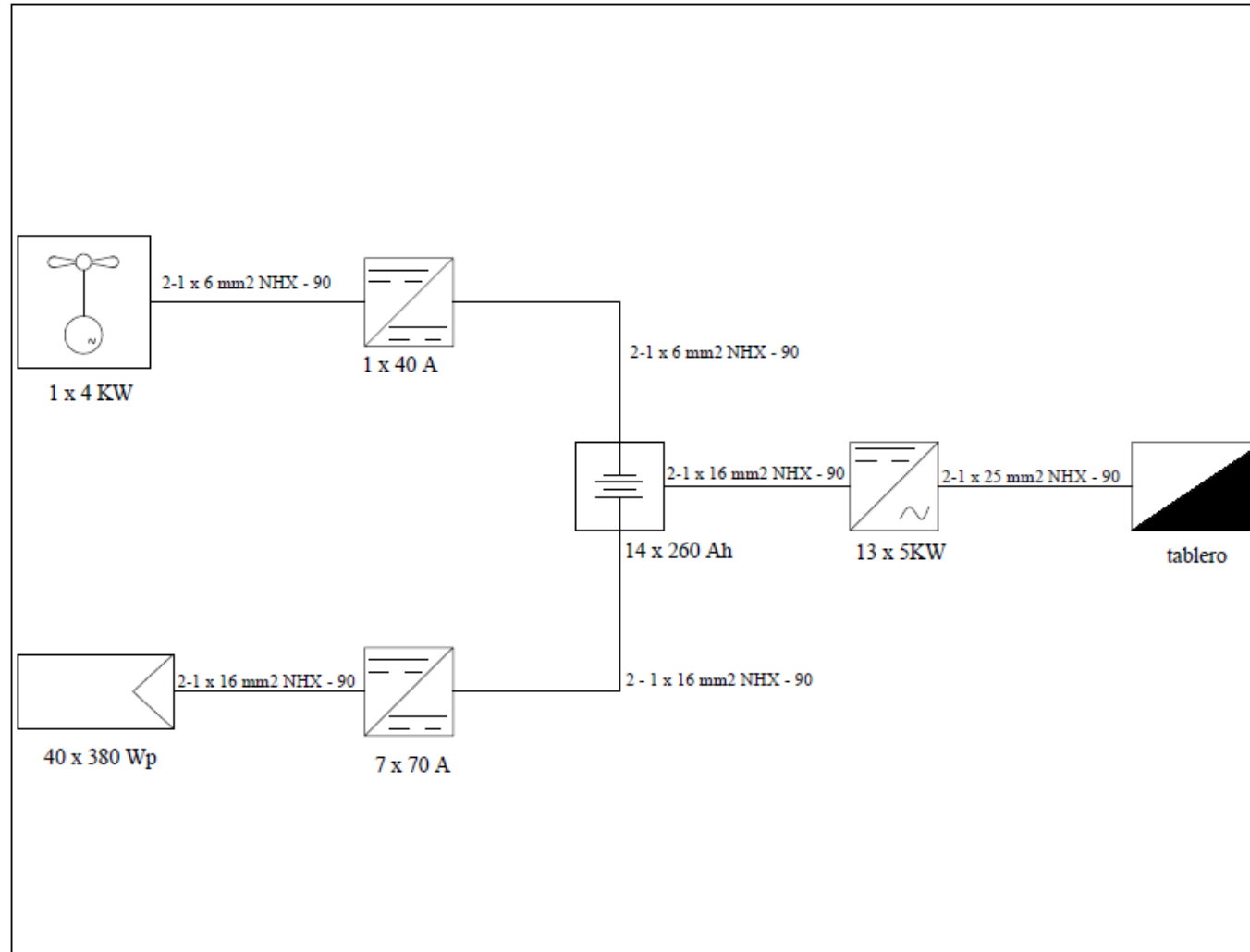
Fuente. Elaboración MINEM – Anuario eléctrico 2012.

Tabla 26. Factores de emisión por tipo de combustible.

Tipo de combustible	FE	Unidad	Fuente
Gas natural	56,100	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17
Queroseno	71,900	kgCO ₂ /TJ	
Petróleo industrial 500	73,300	kgCO ₂ /TJ	
Petróleo industrial 6	73,300	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 84 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	FE _{Gasolina} x 0.928 (se resta el 7.8% del etanol)
Gasohol 90 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 95 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 97 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 98 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasolina (INGEI 2000 y 2005)	69,300	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17
Gas Licuado de Petróleo	63,100	kgCO ₂ /TJ	
Bagazo y otra Biomasa	100,000	kgCO ₂ /TJ	
Diésel D2 (INGEI 2000 y 2005)	74,100	kgCO ₂ /TJ	
Biodiesel DB5 (INGEI 2012)	70,395	kgCO ₂ /TJ	FE _{Diésel D2} x 0.95 (se resta el 5% del biocombustible)
Biodiesel DB2 (INGEI 2010)	72,618	kgCO ₂ /TJ	FE _{Diésel D2} x 0.98 (se resta el 2% del biocombustible)
Carbón Vegetal	112,000	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17

Fuente. MINAM [31].

Anexo XII. Diagrama unifilar



Anexo XIII. Área del proyecto

