

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“APORTES DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES DE  
LA UNALM EN LA FORMACION DEL INGENIERO AGRICOLA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**JOSÉ LUIS CALLE MARAVÍ**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# TSP Aportes del Laboratorio de Energías Renovables de la Unalam en la Formación del Ingeniero Agrícola

## INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 [repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe) 1%  
Fuente de Internet

2 [hdl.handle.net](http://hdl.handle.net) 1%  
Fuente de Internet

3 [cta.uc.edu.py](http://cta.uc.edu.py) <1%  
Fuente de Internet

4 ROGELIO CARDENAS VARGAS. "Biorefinerías para la producción de biocombustibles de segunda generación.", 'Universitat Politècnica de València', 2015 <1%  
Fuente de Internet

5 Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina <1%  
Trabajo del estudiante

6 [repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec) <1%  
Fuente de Internet

7 [www.yumpu.com](http://www.yumpu.com) <1%  
Fuente de Internet

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“APORTES DEL LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES DE LA UNALM EN LA  
FORMACIÓN DEL INGENIERO AGRÍCOLA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. JOSÉ LUIS CALLE MARAVÍ**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUIÑIGO  
Presidente

Mg. Sc. KENYI GLICERIO CAVALCANTI CÁRDENAS  
Asesor

Arq. VÍCTOR FILIBERTO AGUILAR VIDANGOS  
Miembro

Dr. RAÚL ARNALDO ESPINOZA VILLAR  
Miembro

LIMA – PERÚ

2024

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a nuestro creador, Dios, que me ha dado la fortaleza, y salud para poder trabajar y seguir contribuyendo con mejoras en la sociedad transmitiendo el conocimiento a través de la docencia. Y en forma especial a mis padres y mi familia que siempre me inculcaron la importancia del conocimiento.

Un agradecimiento especial a mi asesor Dr. Kenyi Cavalcanti y al asistente Brandon Leyva, así como a todo el equipo del Laboratorio de energías renovables por toda la información proporcionada.

De igual manera un agradecimiento a todos los docentes del departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción, que siempre se esmeraron en mejorar la calidad de la enseñanza y soporte a los profesores, y que fueron los que me impulsaron a desarrollar el presente trabajo. Y, por último, un agradecimiento al Arq. V. Aguilar, al Dr. Raul Espinoza y al Dr. Nestor Montalvo por su aliento en seguir con este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problemática .....	1
1.2. Objetivos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. La importancia de las energías renovables en el Perú y el mundo .....	3
2.2. Los combustibles fósiles: futuro, cuadros de consumo y tendencias futuras .....	6
2.3. Las energías renovables y su proyección futura .....	9
2.3.1. Energía solar fotovoltaica.....	10
2.3.2. Energía Solar Fototérmica.....	12
2.3.3. Energía Eólica.....	12
2.3.4. Energía hidráulica .....	13
2.3.5. Energía de la Biomasa .....	15
2.3.6. Energía de hidrógeno verde .....	28
2.3.7. Electromotricidad y energía Maremotriz.....	30
2.4. Importancia de las energías renovables en el Perú .....	32
2.4.1. Matriz energética peruana .....	32
III. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	38
3.1. Educación, investigación y servicios .....	38
3.2. Equipamiento.....	39
3.3. Unidad de Biomasa Energética.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Fortalecimiento del ing. agrícola y otras carreras en RER .....	45
4.1.1. Contribución en otras carreras de la UNALM a nivel pregrado .....	45
4.1.2. Contribución en investigaciones a nivel postgrado .....	47
4.2. Líneas de investigación del laboratorio de energías renovables .....	49
4.2.1. Electrificación Rural, doméstica e interconectada.....	49
4.2.2. Bombeo solar de bajo caudal .....	50

4.2.3. Cocinas y hornos solares .....	52
4.2.4. Biomasa .....	53
4.2.5. Ambientes controlados .....	55
4.3. Proyectos y convenios vigentes con participación de los estudiantes .....	55
4.3.1. Planta de producción de biodiesel .....	55
4.3.2. Módulos FV Off-Grid, y On-Grid en la FIA y en el campus UNALM .....	57
4.3.3. Sistemas automatizados y aplicación de hidrógeno verde en la agricultura .....	58
4.3.4. Proyecto de Deshidratado y secado solar de diversos productos agrícolas .....	60
4.4. Asesor de los círculos de investigación de estudiantes .....	60
4.4.1. Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa .....	60
4.4.2. Círculo de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética .....	61
4.4.3. Círculo de Investigación en Ambientes Controlados .....	63
4.5. Tesis de investigación a nivel pre y post grado en los últimos 5 años .....	63
4.5.1. Investigación pregrado .....	63
4.5.2. Investigación postgrado .....	64
4.6. Eventos nacionales e internacionales importantes .....	64
4.6.1. COBER I y II (Congreso de Biocombustibles y energías Renovables) .....	64
4.6.2. Iberomasa: Objetivos, importancia y participantes .....	65
4.7. Cursos dictados extracurriculares .....	66
4.7.1. Principios de la energía SFV, y sus aplicaciones en el sector agrícola .....	66
4.7.2. Bombeo fotovoltaico en producción agrícola .....	66
4.7.3. Producción de biodiesel a pequeña escala .....	67
4.7.4. Potencial de la biomasa para usos energéticos en Perú .....	67
V. CONCLUSIONES .....	69
VI. RECOMENDACIONES .....	71
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
VIII. ANEXOS .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las tecnologías fotovoltaicas .....	11
Tabla 2: Clasificación de las escalas de energía solar fototérmica .....	12
Tabla 3: Clasificación de las centrales eólicas.....	13
Tabla 4: Clasificación de las tecnologías de pirólisis .....	25
Tabla 5: Clasificación de las biorrefinerías .....	28
Tabla 6: Clasificación de los procesos de producción de H2 .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reservas probadas de yacimiento fósiles minerales. Balance Nacional de Energía, MINEM 2021 .....	4
Figura 2: Participación de las fuentes en la producción de energía primaria. Balance Nacional de Energía, MINEM (2021) .....	4
Figura 3: Matriz energética del Perú al 2022 (unidad PJ), participación de las fuentes de energía en los diferentes sectores económicos .....	5
Figura 4: Tendencia de consumo energético a nivel mundial de 1990 a 2022. ....	7
Figura 5: Tipo de energía usada a nivel mundial y consumo del año 2022.....	8
Figura 6: Suministro mundial de energía primaria por fuentes de 1980 – 2050 .....	9
Figura 7: Costo de la electricidad renovable ante los combustibles fósiles del 2000 – 2020 .....	10
Figura 8: Costo comercial y capacidad instalada de las energías renovables del 2010 – 2018 .....	14
Figura 9: Características de la biomasa según su procedencia y composición .....	17
Figura 10: Tratamientos de la biomasa según su contenido de humedad.....	18
Figura 11: Reacción de transesterificación de ácidos grasos.....	22
Figura 12: Tipos de torrefacción.....	26
Figura 13: Distribución global del potencial de generación de energía de las mareas.....	31
Figura 14: Tipos de hidroturbinas comerciales.....	32
Figura 15: Oferta de energía primaria no renovable 2000 – 2021.....	33
Figura 16: Oferta de energía de las hidroeléctricas y el gas natural .....	34
Figura 17: Resultados de las primeras 2 subastas de Recursos Energéticos Renovables....	36
Figura 18: Aplicaciones de las energías renovables en la agricultura .....	37
Figura 19: Partes del analizador elemental.....	41
Figura 20: Partes del analizador proximal.....	42
Figura 21: Partes del calorímetro.....	44
Figura 22: Pruebas de oxidación del biochar en el Laboratorio de Energías Renovables...	46
Figura 23: Presentación sobre la Caracterización de poda de Persea americana Mill .....	48
Figura 24: Capacitación en operación de un módulo Fotovoltaico .....	50
Figura 25: Curso de bombeo solar aplicado a la agricultura .....	51
Figura 26: Cocina solar en práctica con los alumnos en comunidad de Yaurisque-Cusco..	53

Figura 27: Biodiesel Bus durante su inauguración, movido al 30% con Biodiesel. Biodiesel basado en los aceites comestibles usados del comedor universitario .....	54
Figura 28: IV Encuentro Internacional de la Red Iberomasa en la UNALM .....	54
Figura 29: Planta de producción de Biodiesel de 240 lits/batch. Esta planta fue auspiciada por CONCYTEC, y sirve actualmente para hacer diversas investigacion en este biocombustible .....	56
Figura 30: Módulos solares en el funcionamiento en el campus de la UNALM .....	57
Figura 31: Sistema Fotovoltaico interconectado de 3.2 KW instalado en el techo del edificio de la FIA .....	58
Figura 32: Producción de gas de síntesis y líquido piroleñoso.....	59
Figura 33: Equipo CIPB en un espacio de confraternidad y compromiso .....	61
Figura 34: Presentación de CIERYEE ante la comunidad estudiantil de la UNALM .....	62
Figura 35: Publicidad del curso-taller virtual sobre el potencial de la biomasa en el Perú.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Programa del curso de biodiesel .....	85
Anexo 2: Silabo del curso Cambio Climático y Energías Renovables a postgrado .....	86
Anexo 3: Silabo del curso Energías Renovables .....	89
Anexo 4: Silabo del curso Tecnologías Agroindustria con tecnologías limpias - Postgrado .....	100
Anexo 5: Silabo del curso Desarrollo de Tecnologías Agroindustriales con Tecnologías Limpas .....	107
Anexo 6: Silabo de Energía Solar Fotovoltaica y Eólica .....	110
Anexo 7: Silabo de Bioenergía a partir de residuos agropecuarios y agroindustriales (en revision por la Dra. Judith Ramirez C.).....	120
Anexo 8: Curso extracurricular de Energía Fotovoltaica y su aplicación en bombeo de agua.....	124
Anexo 9: Capacitación sobre la producción de biodiesel.....	124
Anexo 10: Capacitación sobre Introducción a la Bioenergía – CÍPB/LER.....	125
Anexo 11: Simposio sobre aplicaciones de la biomasa residual – CIPB/LER.....	126
Anexo 12: Premiación por subvención de proyectos de investigación al CIPB - LER.....	126
Anexo 13: Panel informativo sobre la producción de biodiesel a partir de aceites usados y grasa animal – CIPB/LER .....	127
Anexo 14: Publicación de un artículo científico en una revista indexada realizado en el Laboratorio de Energías Renovables por miembros del CIPB.....	128
Anexo 15: Exposición sobre las energías renovables – CIERYEE/LER .....	128

## RESUMEN

El Perú es uno de los países de la región más afectado por los impactos del cambio climático desde el punto de vista energético, social, económico y ambiental. Esto genera un desafío adicional en la formación del ingeniero agrícola de la UNALM, cuyo ambiente de trabajo lo lleva a desarrollar proyectos en zonas rurales con una reducida cobertura de energía eléctrica. Frente a este reto, en el 2006 se crea el Laboratorio de Energías Renovables (LER), cuyo objetivo contribuir al perfil profesional del Ingeniero Agrícola en lo teórico, práctico y ético en áreas relacionadas al aprovechamiento eficiente de alternativas energéticas naturales y su contribución en el sector agropecuario como fuente de calor, electricidad y fuerza motriz. El presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) sintetiza el trabajo desarrollado en el Laboratorio de Energías Renovables (LER) de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM y describe cómo estas actividades han contribuido a las competencias específicas y generales del perfil del egresado de la carrera del ingeniero agrícola. Para ello, se hace un recuento de las actividades académicas, como el apoyo en el dictado de cursos, a nivel de pregrado y posgrado, actividades de investigación, apoyando el desarrollo de tesis y publicaciones científicas, además de Círculos de Investigación, labores de responsabilidad social y extensión social universitaria en áreas relacionadas al aprovechamiento de las fuentes renovables para la generación de energía. Los resultados muestran que el LER ha contribuido a la formación del Ingeniero Agrícola, proporcionándole los conocimientos, habilidades, y oportunidades para desarrollar prácticas sostenibles con soluciones innovadoras dentro del contexto de la crisis ambiental y energética actual.

**Palabras clave:** Educación, ingeniero agrícola, energías renovables, medio ambiente, cambio climático.

## ABSTRACT

Peru is one of the countries in the region more affected by the climate change impacts from the energy, social, economic and environmental point of view. This creates an additional challenge in the education of the students of agricultural engineering at the UNALM, whose work environment leads them to develop projects in the rural areas with reduced coverage of electrical energy. Faced with this challenge, in 2006 the Renewable Energy Laboratory (LER) was created, whose objective was to contribute with the professional profile of the Agricultural Engineer in the theory, practice and ethics in areas related to the efficient use of the natural energy sources, and its contribution in the agricultural sector as a source of heat, electricity, and mechanical energy. This Professional Sufficiency Work (TSP) synthesizes the work developed by the Renewable Energy Laboratory (LER) of the Faculty of Agricultural Engineering at the UNALM, and describes how these activities have contributed on the specific and general competencies of the graduates' profile of the career of agricultural engineering. In order to achieve this, it is performed an academic count of its activities, like the support in the teaching of courses at graduate and undergraduate level, investigation activities, support in the development of thesis and publication activities, support on students circles of investigation, and with social and extension responsibility tasks in the areas related to the use of renewable sources for energy generation. Results show that LER has contributed in the education of the Agricultural Engineer, providing them with the knowledge, skills, and opportunities to develop sustainable practices with innovative solutions within the context of the current environmental and energy crisis.

**Keywords:** Education, agricultural engineer, renewable energies, environment, climate change.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Problemática

La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) tiene sus orígenes en 1902, cuando surgió a partir de la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria (ENAV). En 1960, la Escuela Nacional de Agricultura, fue finalmente reconocida bajo la ley universitaria 13417 y adoptó el nombre de Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). En sus inicios, la UNALM comenzó sus actividades académicas con tres facultades: Zootecnia, Agronomía e Ingeniería Agrícola. La Facultad de Ingeniería Agrícola fue establecida en 1960 con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Su misión actualmente es formar profesionales con una base científica, tecnológica y humanística, enfocada en los recursos hídricos, el ordenamiento territorial, la mecanización agrícola, la construcción, la energética y saneamiento, con la visión integral de desarrollar un futuro sostenible y amigable con el medio ambiente.

Con la finalidad de cumplir con su enfoque holístico y lograr cumplir las capacidades del ingeniero agrícola, se establecieron laboratorios que apoyan al desarrollo curricular, y que han sido fundamentales en la realización de numerosas investigaciones en distintos niveles, como tesis y artículos científicos. Entre los laboratorios creados bajo la supervisión de la Facultad de Ingeniería Agrícola, el suscrito fundó el Laboratorio de Energías Renovables (LER) en el año 2006. Este laboratorio fue creado con el objetivo de abordar la problemática de la dependencia de los combustibles fósiles de la matriz energética peruana, especialmente en el sector agrícola. Es importante destacar que el uso de combustibles fósiles conlleva impactos ambientales negativos y efectos sobre el clima (Salaet y Roca, 2010). El enfoque del Laboratorio de Energías Renovables se centra en el uso de diversos recursos energéticos renovables como sustento sostenible de los requerimientos energéticos en el sector agrícola, así como en las áreas urbanas del Perú, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La importancia de la creación del Laboratorio de Energías Renovables en el desarrollo del perfil del ingeniero agrícola radica en el conocimiento teórico, práctico y ético sobre las alternativas energéticas naturales que existen, y que permitan cubrir la demanda de profesionales en el sector energético y su aplicación en la agricultura. Pimentel y Pimentel (2005) señalan que solo para el cultivo de maíz se necesitan más de 10,000 Kcal para cultivar una hectárea de este producto, lo cual implica el uso de combustible líquido para el transporte, energía eléctrica para el bombeo de agua, entre otros aspectos. Por lo tanto, para este caso, es fundamental que los estudiantes de ingeniería agrícola adquieran conocimientos sobre la aplicación de biocombustibles líquidos como el biodiesel y bioetanol, la generación de energía eléctrica mediante la utilización de sistemas fotovoltaicos, entre otros. En viviendas rurales, cocinas mejoras y biodigestores para biogás y biofertilizantes, sistemas fotovoltaicos para iluminación, y equipos fototérmicos para agua caliente y calefacción, considerando que bajas temperaturas es uno de los episodios climáticos más frecuentes en muchas zonas del país. Esto permitirá hacer un uso sostenible de los recursos naturales, aplicando tecnologías desarrolladas y adaptadas por el ingeniero agrícola. En este sentido, este trabajo busca destacar la contribución del Laboratorio de Energías Renovables en el desarrollo profesional del ingeniero agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar la contribución del Laboratorio de Energías Renovables a la adquisición de competencias relacionadas con perfil de egreso del estudiante de ingeniería agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### **Objetivos específicos**

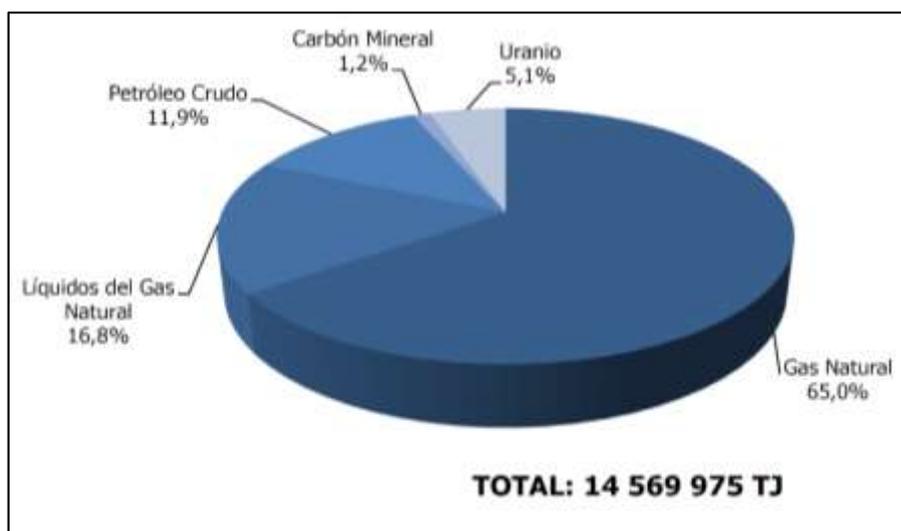
- Evaluar la contribución del Laboratorio de Energías Renovables a la adquisición de competencias generales del perfil de egreso del estudiante de ingeniería agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Evaluar la contribución del Laboratorio de Energías Renovables a la adquisición de competencias específicas del perfil de egreso del estudiante de ingeniería agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La importancia de las energías renovables en el Perú y el mundo

El Perú es uno de los países de la región que está pasando por una de las mayores dificultades energéticas, ambientales y desafíos ecológicos, afectando a las poblaciones más vulnerables que son las más pobres y que habitan mayormente en las zonas rurales. La población sin acceso a la electricidad representa el 40.5% (Banco Mundial, 2015), y prácticamente la mitad sin accesos de cocción moderna. Según MINSA al año 2015; 5 millones de personas, de las zonas altoandinas y de la selva, están consideradas con alto riesgo de salud, por diferentes razones, destacando el climático, especialmente en las zonas altoandinas donde las bajas temperaturas están afectando no solo al poblador sino a los animales, que son su sustento alimenticio y económico.

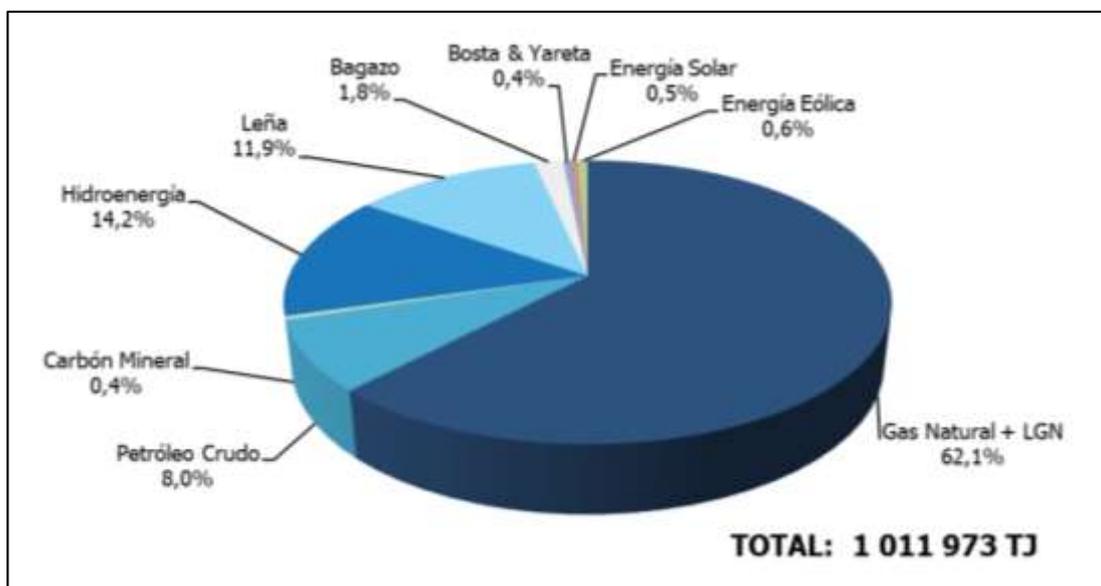
El MINEM (2022), en su balance nacional de energía, menciona las reservas nacionales de energía primaria de fuentes fósiles en (TJ), constituida por gas natural y LGN (65.5%), Petróleo crudo (7.9%)- importamos el 91.5%-, carbón mineral (0.5%) (Ver Figura 1). Mientras que la partición de las fuentes no fósiles en la producción de energía primaria se encuentran hidroenergía (12.3%), leña (10.5%), bagazo, bosta y yareta (2.2%), y energía solar y eólica (1.1%) entre otras (Ver Figura 2). La participación de las fósiles es de 73.8% y las no fósiles de 26.2%. A su vez, varios estudios mencionan que, al ritmo de consumo actual del gas natural, este nos alcanzaría unos 60 años. De esta matriz, el 43% de esa energía fósil es usada en el parque automotor, que es el más contaminante, donde el 92% emplea petróleo y el 8% gas natural (Ver Figura 3). Así mismo, el MINEM (2022) menciona que el sector industrial usa la energía eléctrica en un 36%, y petróleo en un 31%, donde el consumo del gas natural está aumentando a más del 16% por la nueva industria.



**Figura 1: Reservas probadas de yacimiento fósiles minerales.**

**Balance Nacional de Energía, MINEM 2021**

Nota: El gráfico muestra datos del 2021, mientras que al 2022 ha habido variaciones como se muestra en el párrafo.



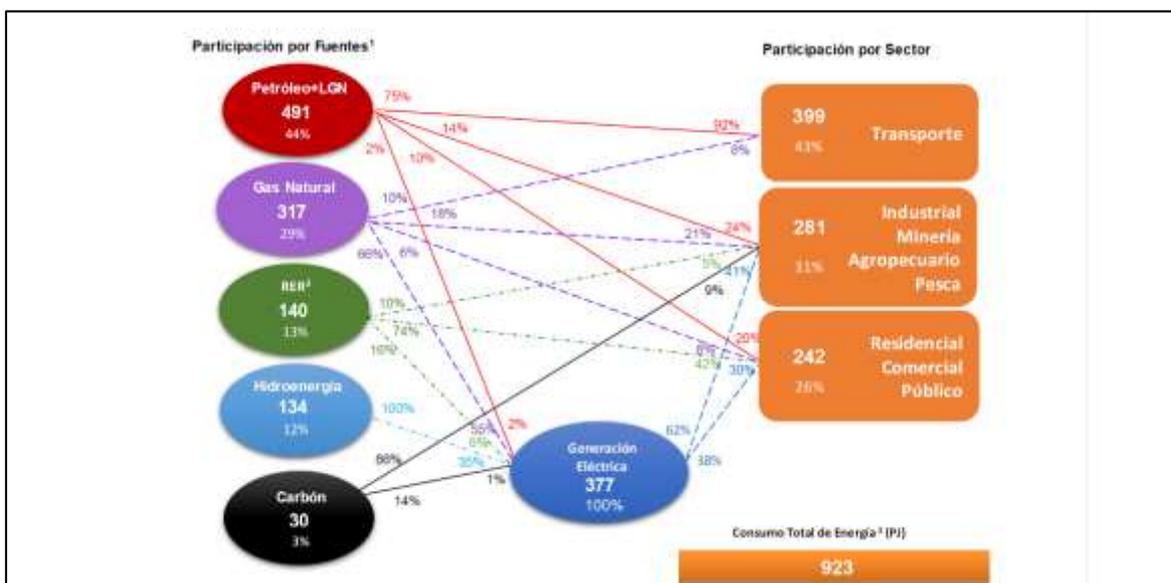
**Figura 2: Participación de las fuentes en la producción de energía primaria.**

**Balance Nacional de Energía, MINEM (2021)**

Nota: El gráfico muestra datos del 2021, mientras que al 2022 ha habido variaciones como se muestra en el párrafo.

El Perú es un país en vías de desarrollo cuya oferta interna de energía se basa en más del 73.3 % de hidrocarburos, y una pequeña porción, 14.2%, en energía hidroeléctrica (MINEM, 2022). Esto implica una dependencia significativa de recursos energéticos no renovables,

especialmente de los importados, y una vulnerabilidad cada vez mayor de la energía hidroeléctrica debido al cambio climático y el Fenómeno de El Niño. Esto sin considerar, en algunos casos, que la energía hidráulica mayor de los 20Mw es considerada no renovable convencional bajo el marco normativo vigente.



**Figura 3: Matriz energética del Perú al 2022 (unidad PJ), participación de las fuentes de energía en los diferentes sectores económicos**

En el informe del MINEM del 2022, menciona que el potencial de las Energías Renovables en el Perú es; para energía solar, 250 watts por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>) con niveles no menores de 25,000 Mw, siendo las regiones del sur las que más potencial tienen con niveles de irradiancia entre 5.5 a 6.0 kWh/m<sup>2</sup>, y siendo las de menor valor las regiones de la selva. La energía eólica con un potencial de 77,000 Mw, de los cuales es aprovechable 22,000 Mw, equivalente a 3 veces más la oferta actual de energía eléctrica, principalmente a lo largo de costa. La energía hídrica, se estima con un potencial de 70,000 Mw concentrado fundamentalmente en la cuenca del atlántico. Las pequeñas centrales conectadas al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) contribuyen con 500 GWh/año. En lo referido a la biomasa, se tiene un potencial de 177 Mw en plantas de energía de biomasa convencional, y 51 Mw en biogás, actualmente ya están funcionando plantas que procesan los residuos urbanos. En Geotermia, el Perú- en cooperación con la agencia Japonesa (JICA)- desarrollaron un plan maestro donde evaluaron 61 campos geotérmicos de 3.000 MW. El estudio concluyó que se podía llegar a 8,000 Mw. Finalmente, el informe del MINEM del

2022 concluye que aprovechando las energías renovables se puede llegar a la meta de 20% para el año 2030. Según este mismo estudio, la partición de los RER como fuente en suministro energía a los diferentes sectores económicos es de 14%, que incluye un 5% al sector eléctrico con eólico y solar, el resto en calor a través de la biomasa (leña, bosta, yareta, bagazo y carbón vegetal). Finalmente, esto hace pensar en el gran reto que se nos avecina en el futuro, y la necesidad de incursionar con más intensidad en las Energías Renovables, que a su vez contribuirán significativamente en mitigar el Cambio climático.

En adición, el Perú tiene un compromiso con la Comisión de Cambio Climático, Ambiente y Desarrollo Sustentable de tener el 40% de su matriz energética a partir de las Energías Renovables desde el 2021. Según el MINEM y DGE (dirección general de electricidad); 1.4 GW será centrales hidroeléctricas nuevas, 1.37 GW en centrales térmicas a gas natural de ciclo combinado, 0.6 GW de Energías Renovables, y 0.8 GW de otras fuentes.

La crisis climática, económica y social que estamos experimentando en este periodo, conocido como Antropoceno (Becker, 2011; IPCC, 2021), justifica el uso inevitable de energías renovables. Esto implica la reducción progresiva de la extracción y el uso de combustibles fósiles con el fin de evitar un desastre ambiental a nivel mundial.

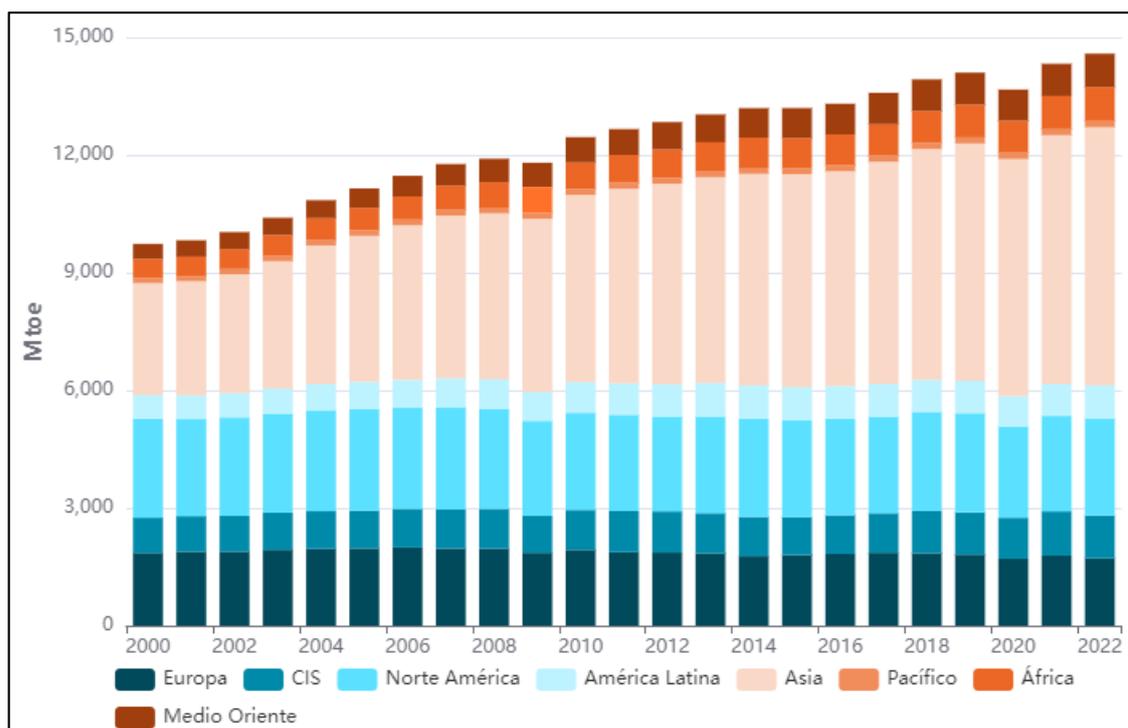
## **2.2. Los combustibles fósiles: futuro, cuadros de consumo y tendencias futuras**

Los combustibles fósiles se forman a partir de la descomposición de organismos vivos, como las plantas, que han sido enterradas bajo capas de sedimentos y rocas durante miles de años en condiciones de temperatura y presión adecuadas (Posso, 2000). Algunos ejemplos de estos combustibles fósiles o energías no renovables son el gas natural, el petróleo y el carbón (Posso, 2000). Estos combustibles se utilizan en diversas aplicaciones, como el transporte, donde se emplean derivados del petróleo como la gasolina o el diésel; la calefacción, que también utiliza los tres mencionados; y la generación de electricidad, donde se utiliza el carbón para cargas normales y el petróleo o el gas natural para picos de demanda alta (Posso, 2000). El principal impacto ambiental del uso de combustibles fósiles se produce en su fase final, independientemente de las aplicaciones anteriores. Este impacto final implica la emisión de gases de combustión, como los sulfuros y otros compuestos adicionales del combustible, como el plomo o los alcoholes, así como hollín, cenizas y otras partículas carbonosas que no son componentes naturales de la atmósfera (Posso, 2000). Se estima que

los combustibles fósiles son responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones de carbono a escala mundial (Pata et al., 2023).

A nivel global, el crecimiento del consumo de energía se ha desacelerado, pero sigue siendo superior a la tasa media de crecimiento en años anteriores, siendo China el país que encabeza la lista. La matriz energética de este consumo está dominada por el petróleo, el carbón y el gas (Enerdata, 2023), lo que indica un aumento continuo en el costo ambiental asociado con el uso de estos recursos energéticos no renovables, Figuras 4 y 5 indican el consumo energético a nivel regional y por los países más consumidores.

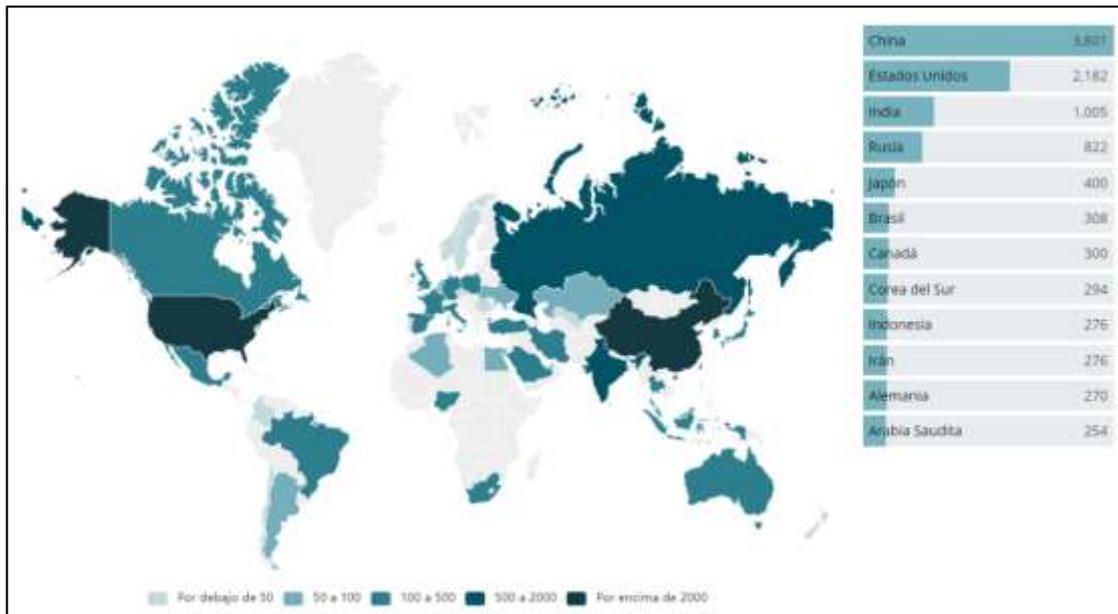
Debido al impacto ambiental tanto a nivel regional como global, países como Estados Unidos y otros exigen que los nuevos proyectos de infraestructura para la extracción de petróleo o gas, así como las minas de carbón o los oleoductos, cuenten con informes ambientales detallados que aborden los impactos en el aire, el agua, el suelo y, particularmente, el clima global (Hasselman y Erickson, 2023).



**Figura 4: Tendencia de consumo energético a nivel mundial de 1990 a 2022.**

Nota: Los valores indican que el mayor consumidor de recursos energéticos es Asia. Tomado de: Energía y clima mundial – Anuario estadístico 2023.

FUENTE: Enerdata (2023).

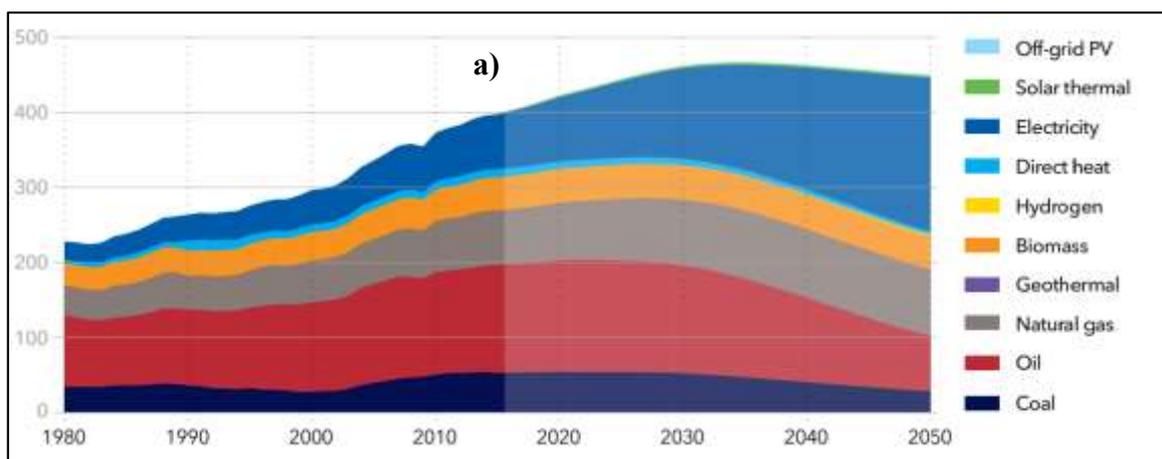


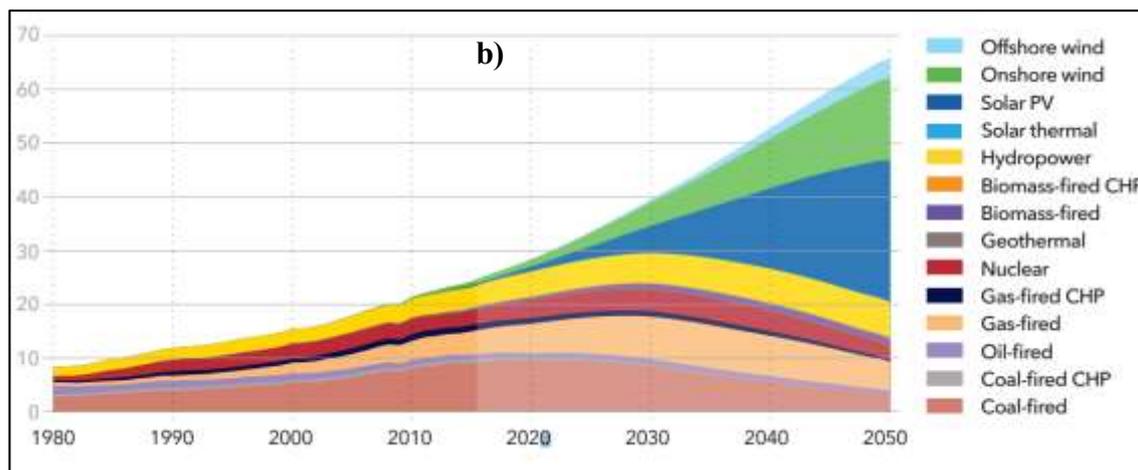
**Figura 5: Tipo de energía usada a nivel mundial y consumo del año 2022**

Nota: Entre 2007 y 2008 fue Estados Unidos el país que consumía más energía, luego a partir del año 2009 fue China quien ocupa ese lugar hasta la fecha. Los datos se muestran en Mtep. Tomado de: Energía y clima mundial – Anuario estadístico 2023

FUENTE: Enerdata (2023).

A pesar de las normativas y leyes establecidas por cada país, e incluso respaldadas por convenios internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el Acuerdo de París (Van Beek et al., 2020), la situación resulta engañosa. Esto se debe a que cada competidor, ya sea una empresa o un país, tiende a basarse en medidas que se comparan con otras entidades que contaminan más. Por esta razón, los proyectos relacionados con los combustibles fósiles continúan desarrollándose y aumentando a nivel mundial (Hasselman y Erickson, 2023).





**Figura 6: Suministro mundial de energía primaria por fuentes de 1980 – 2050**

Nota: El porcentaje que corresponde a la fuente eléctrica de la imagen (a) está dada por la producción de energía sustentada en energías, principalmente, renovable (eólica y solar fotovoltaica) como se muestra en la imagen (b). Los datos están en PWh/año. Tomado de: Energy transition outlook 2018 - Power supply and use, Forecast to 2050.

FUENTE: Engel (2018)

Sin embargo, se proyecta que para el año 2050 la demanda energética se duplique, dado que los principales sectores como el transporte, edificios e industria manufacturera optan por el uso de la electricidad como fuente de energía (Engel, 2018). Asimismo, las proyecciones indican un declive desde el año 2030 hasta el 2050 en cuanto a las fuentes de energía primaria, tanto renovables como no renovables, como se muestra en la figura 3, esto se explica porque el mundo va ser más eficiente en el uso de energía aun cuando el consumo siga subiendo. Las energías renovables lideran la producción, superando a los recursos energéticos no renovables, como el gas natural, el petróleo y el carbón.

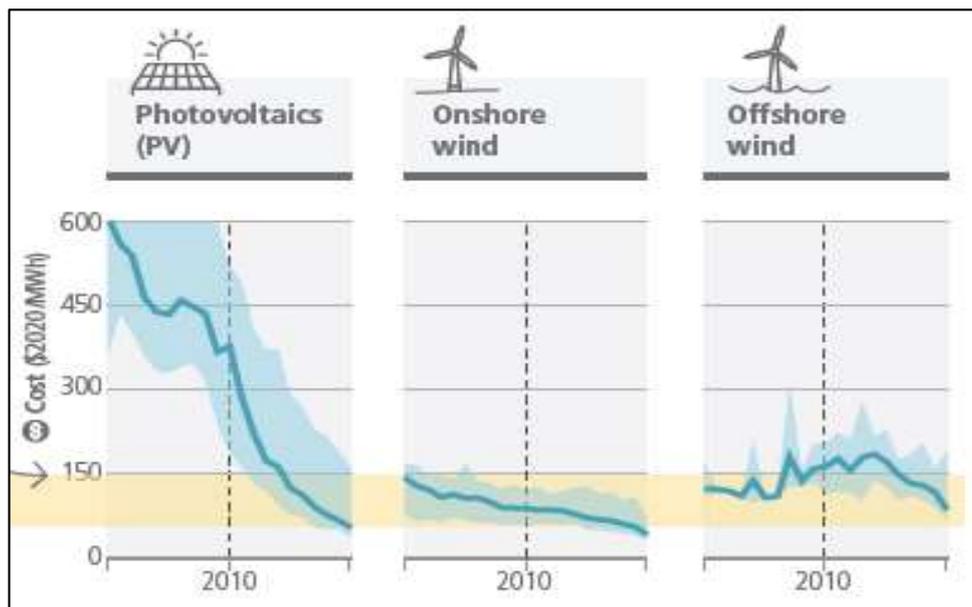
### 2.3. Las energías renovables y su proyección futura

Según el informe del International Renewable Energy Agency (IRENA) de 2020, se concluye sobre las perspectivas mundiales de las energías renovables hasta el año 2050 que, para lograr la descarbonización con una base sostenible y un desarrollo económico estable, es crucial enfocarse en el uso de energías renovables y la eficiencia energética. Además, se estima que más del 50% de la reducción de CO<sub>2</sub> se conseguirá gracias a las energías renovables, con énfasis en el hidrógeno verde, figura 6.

### 2.3.1. Energía solar fotovoltaica

La radiación solar es una fuente de energía que puede convertirse en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Este fenómeno fue descubierto por Becquerel en el siglo XIX, aunque no fue hasta la década de 1920 que Albert Einstein proporcionó las bases teóricas del mismo. En los años 50, se logró utilizar la radiación solar como fuente de energía para mantener los satélites en órbita sin necesidad de recurrir a combustibles, lo que también permitió una vida útil prolongada (Chodos et al., 2009). Finalmente, su aplicación en tierra se materializó en la década de 1970 para uso industrial, lo que incentivó la búsqueda y desarrollo de nuevos sistemas fotovoltaicos con mayor eficiencia y menor costo (Cardozo, 2014).

La tendencia global en el uso de energías renovables se centra especialmente en la energía eólica y fotovoltaica. El costo de la energía fotovoltaica ha disminuido desde el año 2000 hasta el 2020, como se muestra en la figura 7. Mientras tanto, el precio de los combustibles fósiles se ha mantenido en un rango que sigue siendo competitivo con el uso de sistemas fotovoltaicos.



**Figura 7: Costo de la electricidad renovable ante los combustibles fósiles del 2000 – 2020**

Nota: El gráfico representa las tendencias del costo en la producción de electricidad usando energías renovables por MWh y como en comparación con los combustibles fósiles (franja amarilla) están logrando ser competitivos.

FUENTE: Tomado de *CLIMATE CHANGE 2023 Synthesis Report* (p. 54), por IPCC, 2023.

Considerando que el precio de los sistemas fotovoltaicos está en descenso, gracias al incremento de las economías de escala y las mejoras tecnológicas, se espera que esta tendencia continúe disminuyendo según el informe de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) de 2019. Se estima que la participación de la energía solar fotovoltaica en la matriz energética mundial para el año 2050 será mayor al 20%, con una capacidad instalada que superará los 8000 GW. Sin embargo, esta proyección se interpreta como relativamente negativa para alcanzar los objetivos establecidos en el Acuerdo de París (IRENA, 2019). Por tanto, es crucial desarrollar tecnologías innovadoras que mejoren la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos. En la Tabla 1 se comparan diversas tecnologías para la producción de energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico.

**Tabla 1: Clasificación de las tecnologías fotovoltaicas**

Celdas fotovoltaicas	Material base	Tecnología	Descripción
Fotovoltaico de silicio cristalino	Silicio convencional (C – Si)	Monocristalino	Celdas solares de alta pureza con mayor eficiencia al policristalino.
		Policristalino	Celdas solares de baja pureza con menor eficiencia.
	Silicio avanzado	PERC	Aumenta la captura de electrones al cambiar una de las láminas de silicio por el óxido de aluminio
		HIT	Capta más longitudes de ondas de luz que la arquitectura anterior.
Fotovoltaico de película delgada	Con silicio	Célula bifacial	Es una película de celdas que son sensibles en ambos lados.
	Sin silicio	Silicio amorfo	Requiere menos material semiconductor, pero también es menos eficiente.
		CdTe y CIGS	Alta eficiencia, pero existe escasez de materiales y problemas ambientales con el cadmio.
Fotovoltaico emergente	Polímeros orgánicos	Fotovoltaico orgánico	Está hecha a base de carbono, tiene bajo impacto ambiental, pero es menos eficiente
	Dióxido de titanio y otros	FV sensible por colorante	Este sistema imita el proceso de fotosíntesis y es más eficiente.
	Haluros metálicos	FV Perovskita	Altamente eficientes, pero tiene limitaciones de uso externo y problemas ambientales.

Nota: Esta tabla clasifica las tecnologías de los sistemas fotovoltaicos en función a las características de la celda fotovoltaica. Las siglas CIGS se refieren al Carbono, Indio, Galio y Selenio.

FUENTE: Tomado de: *A comparative study of different materials used for solar photovoltaics technology*, por Kumari et al., 2022, p. 3522-3528.

En un estudio realizado por Kumari et al. (2022) en un laboratorio, basado en un potencial de radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup>, se evaluó la eficiencia de las celdas solares mencionadas en la Tabla 1. Los resultados concluyeron que las celdas con mayor eficiencia fueron las monocristalinas (26%), las policristalinas (24%) y las de CIGS (23%).

### 2.3.2. Energía Solar Fototérmica

La energía solar fototérmica se fundamenta en dos principios fundamentales: en primer lugar, las condiciones climáticas, la posición, la orientación y los materiales de construcción del colector; en segundo lugar, el tiempo de concentración de la energía solar (García y Pilatowski, 2017). Este tipo de energías renovables puede clasificarse según la temperatura que alcanzan, como se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 2: Clasificación de las escalas de energía solar fototérmica**

Tipo	Rango (°C)	Aplicación	Ejemplos
Baja temperatura	0 – 100	Doméstico	Climatización de espacios, almacenamiento térmico, etc.
Media temperatura	100 – 250	Industrial (30 – 2000 KW)	Sistemas acuícolas, criaderos, acondicionamiento de biodigestores, etc.
Alta temperatura	Mayor a 250	Energía eléctrica a gran escala (>2000 KW)	Refrigeración solar, destilación solar, energía eléctrica.

Nota: Se clasifica las formas en aprovechar la energía solar térmica en función al rango de temperatura y su potencial uso, siendo principalmente la generación eléctrica a mediana o alta temperatura, mientras que la retención de calor y evaporación en sistemas de baja temperatura.

FUENTE: Tomado de: *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética* (p. 25), por Schmerler, D.; Velarde, J.; Rodríguez, A. y Solís, B. (2019). Y también tomado de: *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial* (p. 39 - 134), por García, O. y Pilatowski, I. (2017).

### 2.3.3. Energía Eólica

La capacidad instalada a nivel mundial proveniente de la energía eólica ha experimentado un aumento de más del doble desde el año 2014 (34,9 GW) hasta el año 2021 (82,4 GW), mientras que en el Perú se ha cuadruplicado, pasando de 0,1 GW a 0,4 GW, según reporta INRENA (2022). Este crecimiento se atribuye al avance tecnológico y la mayor accesibilidad a los materiales necesarios para su construcción, así como al impulso político generado por la demanda energética y la necesidad de cubrir las necesidades energéticas con un bajo impacto ambiental, en consonancia con los acuerdos de París.

Las centrales eólicas, también conocidas como parques eólicos, tienen la capacidad de generar energía eólica que oscila entre 0,6 MW y 5 MW por aerogenerador, con el objetivo de aprovechar la energía del viento para producir electricidad. Estas centrales se clasifican según se detalla en la Tabla 3, lo que permite definir el potencial de generación eléctrica teniendo en cuenta las limitaciones del entorno.

**Tabla 3: Clasificación de las centrales eólicas**

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Orientación	Horizontal	Las turbinas del aerogenerador se encuentran paralelo al suelo
	Vertical	Las turbinas del aerogenerador se encuentran perpendicular al suelo (Savonius y Darious)
Lugar de instalación	On-shore	Situado en tierra, con una distancia mayor a 3 Km
	Near-shore	Situado en tierra, con una distancia menor a 3 Km
	Off-shore	Situado en los cuerpos de agua como lagos o el mar.
Conectividad		Conectado a red eléctrica (gran capacidad)
		No conectado a red eléctrica (baja capacidad)

Nota: Clasificación de las centrales eólicas con el fin de aprovechar al máximo el recurso eólico.

FUENTE: Tomado de: *Energía Eólica*, por Generadoras de Chile (2021). Y también tomado de: *Parques eólicos*, por ENEL (s.f.).

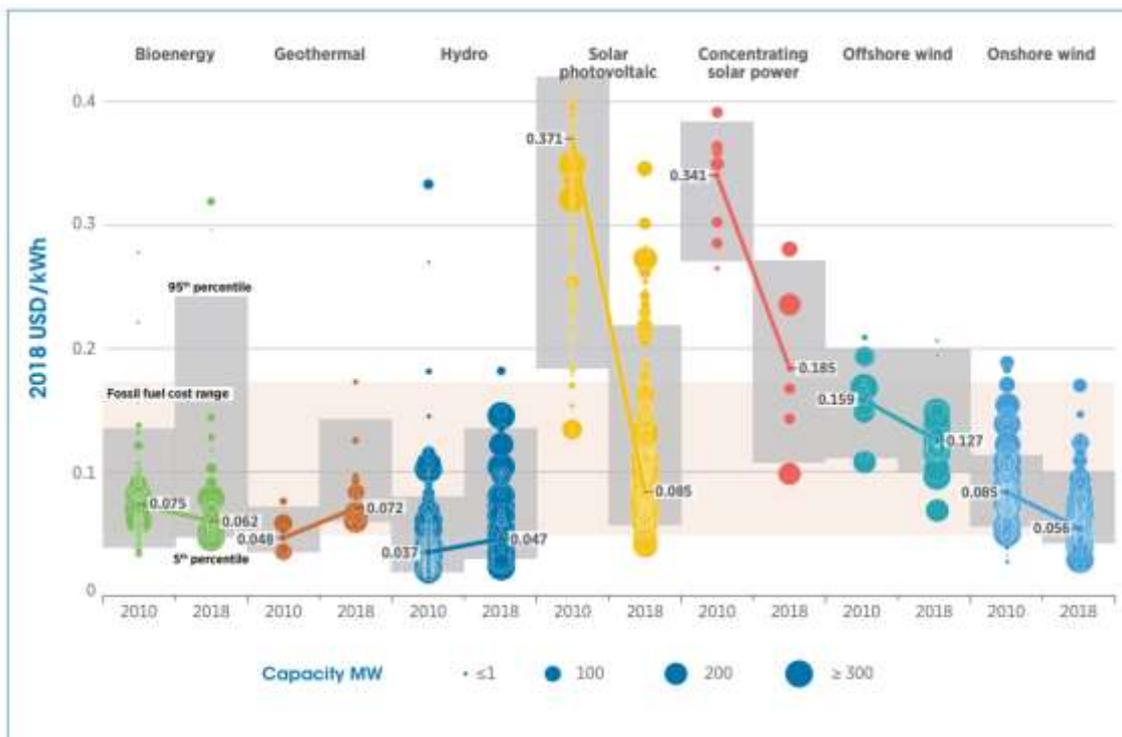
#### **2.3.4. Energía hidráulica**

La energía hidráulica se genera mediante la actividad cinética del agua, transformándola en energía, la cual puede ser motriz o electromotriz. La energía motriz producida por el agua se emplea en el movimiento de molinos para operaciones tradicionales de molienda de granos o semillas. Por otro lado, la energía electromotriz aprovecha el movimiento mecánico del agua sobre un sistema móvil y, a través de un transformador, genera energía eléctrica. Este último método de aprovechamiento de la cinética del agua permite desarrollar infraestructuras especializadas para la producción de energía eléctrica a mayor escala, conocidas como centrales hidroeléctricas.

El funcionamiento de las centrales hidroeléctricas depende del caudal hidrológico. Sin embargo, el cambio climático está generando problemas de abastecimiento para estas centrales, ya que el caudal hidrológico se ve afectado por la precipitación, la evaporación y el deshielo, todos los cuales están siendo alterados por las variaciones de temperatura (Zhang et al., 2017; He et al., 2022). Según El Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEN) las cordilleras del Perú han perdido 53% de su área de glaciar en los últimos 54 años (1% anual). Estos problemas de suministro energético hacen

que el futuro económico de las centrales hidroeléctricas sea cada vez más inviable. No obstante, actualmente se están desarrollando métodos de planificación para la construcción y modelado de centrales hidroeléctricas que permitan un desarrollo económico óptimo frente a los diversos escenarios del cambio climático (Liu et al., 2023).

Según datos de INRENA (2018), en Latinoamérica, la hidroelectricidad fue la fuente de energía renovable más rentable en términos de costo-beneficio. Sin embargo, los beneficios de la hidroelectricidad, como el suministro de agua para riego, agua potable y control de inundaciones, generalmente no se contemplan en su totalidad, ya que solo se considera la capacidad energética instalada. Esta producción energética convierte a la hidroeléctrica en la fuente de energía renovable menos costosa por kilovatio-hora (kWh) hasta el año 2018, en comparación con otras fuentes de energía renovable, como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8: Costo comercial y capacidad instalada de las energías renovables del 2010 – 2018**

Nota: El gráfico representa las tendencias del costo en dólares para la producción de electricidad usando energías renovables por kWh a nivel mundial, incluyendo la capacidad instalada en MW y como en comparación con otras fuentes de energías renovables la hidroeléctrica tiene el costo más bajo y una mayor capacidad de producción de energía eléctrica.

FUENTE: Tomado de RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018, por IRENA, 2018, p. 12.

En la actualidad, las tendencias apuntan hacia la capacidad de predecir y ajustar el modelado de los cambios hidrológicos generados por el cambio climático, los cuales afectan la producción de energía de las centrales hidroeléctricas. El objetivo es establecer el dimensionamiento adecuado de las centrales, ya sean pequeñas o grandes. En el caso de las pequeñas centrales hidroeléctricas, cuya capacidad instalada oscila entre 1 MW y 10 MW, se prevé que ocupen un 80% del mercado en términos de cantidad de infraestructuras de centrales hidroeléctricas para el año 2028 (Mordor Intelligence, 2022). Cabe señalar que la energía hidráulica a pequeña escala puede solucionar problemas de agua a los pequeños agricultores a través de; arietes, ruedas hidráulicas y bombas hidráulicas entre otros.

### **2.3.5. Energía de la Biomasa**

En los albores de la historia humana, la biomasa fue el primer combustible utilizado hasta la primera revolución industrial desde la época de las cavernas. Se empleaba para calefacción, cocción y otros procesos tradicionales como la solidificación de la cerámica o la fundición de metales. A medida que la tecnología humana avanzaba, se requería una mayor cantidad de energía para satisfacer las necesidades crecientes. Esta necesidad llevó al uso del carbón como fuente de energía. Sin embargo, hacia mediados del siglo XVIII, su competitividad se vio limitada por el bajo costo y el alto poder calorífico de los derivados del petróleo (Secretaría de Energía, 2008). A pesar de la desventaja competitiva en el mercado de la biomasa frente a los combustibles fósiles, su utilización en sectores rurales representa una alternativa viable tanto económica como ambientalmente.

La biomasa comprende toda materia orgánica de origen vegetal o animal, así como los productos derivados de su transformación. La biomasa vegetal se genera a través del metabolismo fotosintético de las plantas, donde el CO<sub>2</sub> se convierte en parte de su estructura (EPEC, s.f.). Los usos de la biomasa vegetal pueden servir como recurso energético después de un tratamiento térmico o de su quema directa. En la actualidad, existen tecnologías que permiten el uso eficiente de la biomasa en términos económicos, técnicos y ambientales bajos (PNUD, 2002). Los tres usos más comunes de la biomasa para la generación de energía son la calefacción, la producción de energía eléctrica y los biocombustibles (EPEC, s.f.).

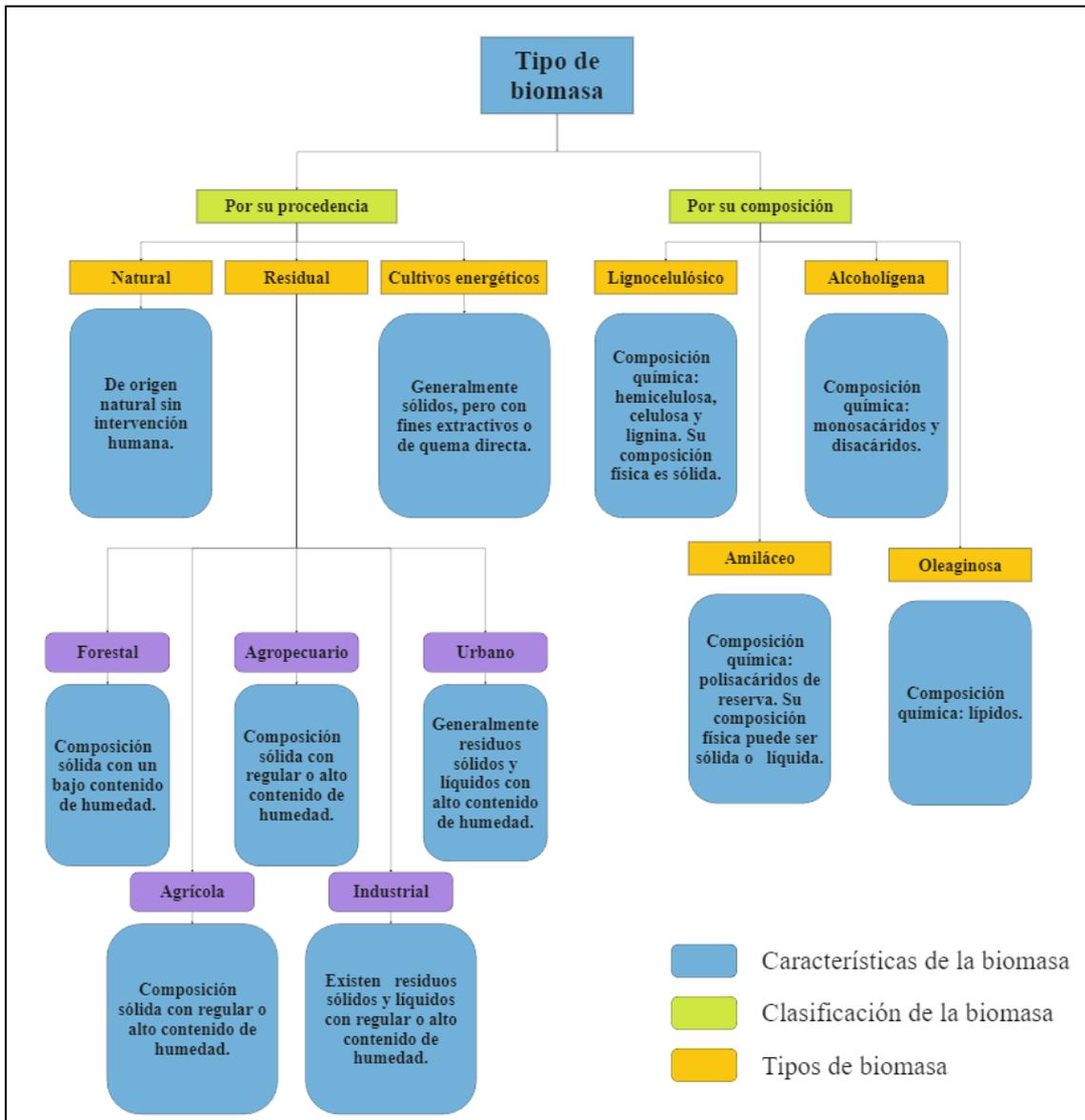
En la actualidad, con el objetivo de reducir el impacto ambiental del uso de la biomasa o aprovechar al máximo los recursos biomásicos de una industria o proceso, se está

implementando la “economía circular” aplicada a la biomasa. Longo, S. et al. (2023) señalan que se aplican cuatro principios de la economía circular: reutilización, reciclaje, reducción y recuperación en la producción de energía eléctrica a partir de la biomasa. Estos principios se basan en la reducción de residuos que serán reutilizados en los procesos, el reciclaje de la materia prima para fines energéticos, entre otros usos, evitando así su disposición en vertederos o su emisión directa al medio ambiente. Esto permite la recuperación de la materia, reduciendo los costos económicos y ambientales.

Todo proceso genera residuos, y en el caso de aquellos con características orgánicas, estos pueden ser tratados para aplicar los principios de la economía circular, obteniendo un valor económico de ellos. Existen diversas formas de tratar estos residuos o subproductos, ya sea reintegrándolos al proceso o vendiéndolos directamente. Cada tratamiento dependerá de las características del residuo biomásico. Sin embargo, también existe otra clasificación que permite diferenciar el tratamiento a aplicar según el contenido de humedad, como se muestra en la Figura 9.

Cada producto del tratamiento de la biomasa tiene tres aplicaciones generales: recurso energético en forma de electricidad, calor o combustión, y producto químico. Su uso como recurso energético está limitado por la cantidad disponible y las características de la biomasa. De entre las diferentes fuentes de biomasa para uso energético, el Dr. Velázquez (2018) menciona los residuos de la agricultura y las plantaciones forestales como alternativas viables en términos de volumen y propiedades que permiten su uso en la producción de briquetas, pellets y carbón vegetal. Establece las bases matemáticas para la gestión y transformación de los residuos biomásicos en recursos energéticos que permitan obtener una ganancia económica adicional al comercio habitual de la madera y los alimentos. Basándose en la normativa de la Unión Europea, establece las características y parámetros que debe poseer la biomasa para ser considerada como producto o materia prima y ser comercializada.

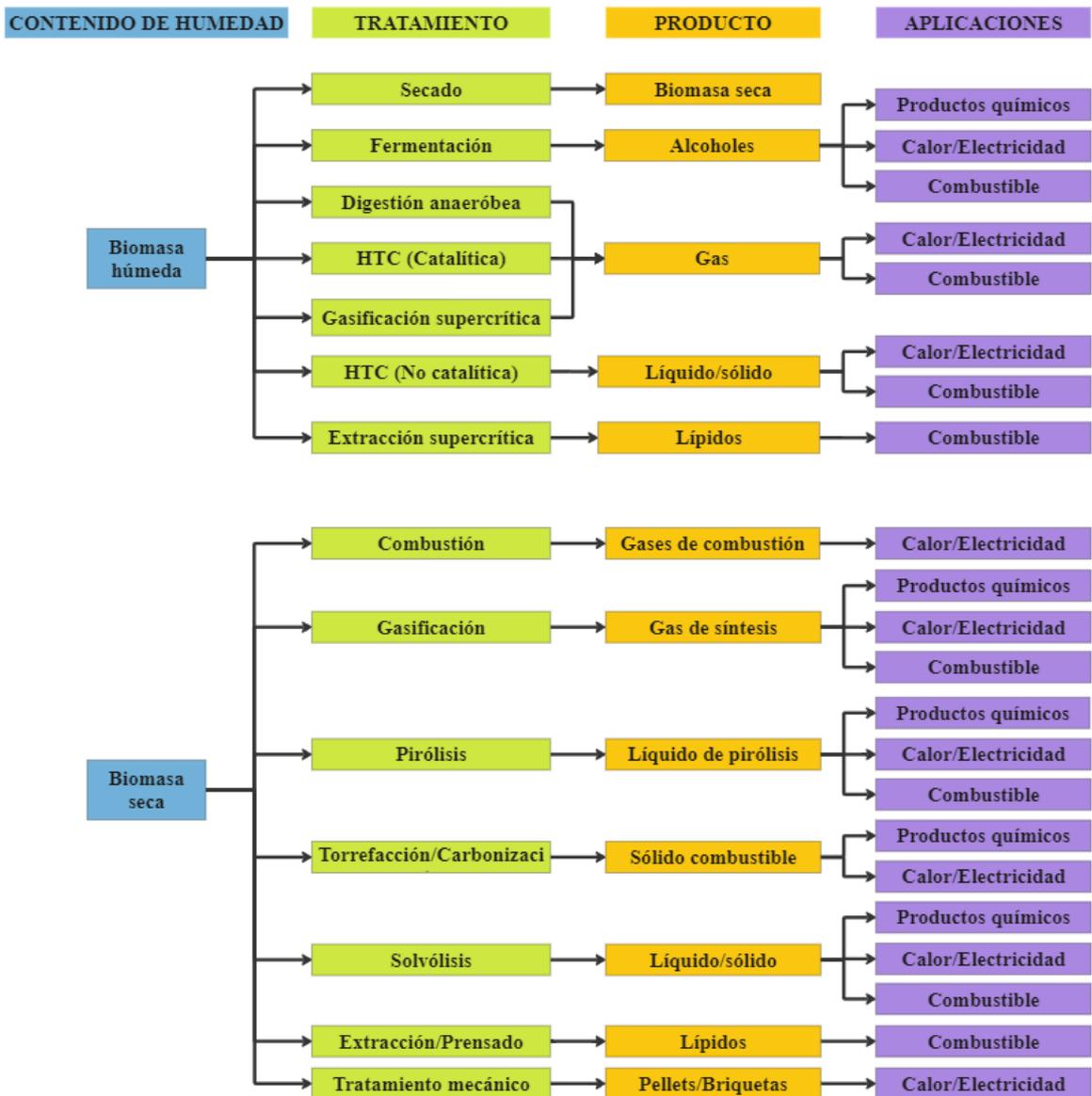
Aunque no exista una normativa específica para evaluar la biomasa en bioenergía en el Perú, se toman en cuenta los análisis realizados según lo establecido por la Unión Europea y las normas ASTM para la caracterización de la biomasa y sus derivados. Estos análisis, llevados a cabo por el laboratorio de Energías Renovables, justifican cada dato en la metodología establecida y estandarizada.



**Figura 9: Características de la biomasa según su procedencia y composición**

Nota: La figura señala las principales características físicas y químicas de los distintos tipos de biomasa que permiten conocer en términos generales la naturaleza de la biomasa que permitirá tomar decisiones al momento de proponer un tratamiento para su uso.

FUENTE: Tomado del libro Biomasa, Biocombustibles y sostenibilidad, Capítulo I: Materias Primas, por Lucas, A. y Peso C., 2012, p. 5; Manual sobre energía renovables – BIOMASA, por PNUD, 2002, p. 10.



**Figura 10: Tratamientos de la biomasa según su contenido de humedad**

Nota: La figura ordena el tipo de tratamiento aplicable a la biomasa en función al contenido de humedad y establece aplicaciones generales del producto después del tratamiento y las siglas HTC es la Conversión Hidrotermal de la Biomasa.

FUENTE: Tomado de Introducción a las tecnologías de aprovechamiento de biomasa, por J. Arauzo et al., 2014, p. 3; Hydrothermal conversion of biomass de Knezevic, D., van Swaaij, W. y Kersten, S., 2009.

Como se puede observar en las figuras 9 y 10, existen diversos tipos de biomasa, y cada uno, según su composición, puede someterse a un tratamiento específico para obtener un producto químico o un recurso energético en forma de calor, electricidad o combustible. Es importante destacar los tratamientos más relevantes y los productos resultantes, especialmente en el

contexto peruano, teniendo en cuenta las perspectivas tecnológicas que se están desarrollando a nivel mundial, incluyendo el desarrollo de biorrefinerías.

#### **a. Tratamientos de la biomasa**

##### **Secado**

El secado es un tratamiento previo o de la biomasa que busca reducir su contenido de humedad (Villalba y Arzola, 2015). Su principal objetivo es disminuir la energía de ignición y evitar problemas de combustión, así como reducir el contenido de escoria en las calderas de combustión (Demirbaç y Demlrba, 2010). Este proceso influye en las condiciones de producción de biodiesel o etanol, así como en los procesos de tratamiento térmico como la pirólisis, gasificación o fermentación (Velázquez, 2018).

Los métodos tradicionales de secado, como el secado solar, son económicos, fáciles de implementar y respetuosos con el medio ambiente. Estos beneficios son especialmente relevantes para tratar biomasa con alto contenido de humedad, como la de microalgas o residuos herbáceos (Bombino y Pineda, 2017). Sin embargo, su eficacia depende de la ubicación de los residuos, siendo más adecuados en zonas rurales. Aunque estos métodos son efectivos, su tiempo de secado es relativamente largo en comparación con sistemas que utilizan calefacción eléctrica o combustión. Por ello, actualmente se están desarrollando alternativas más eficientes. Entre las más prometedoras se encuentran las técnicas de deshidratación por infrarrojos y microondas, que permiten reducir el tiempo de secado, mantener una temperatura constante y uniforme, mejorar la calidad del producto y aumentar la eficiencia energética en comparación con los métodos tradicionales de secado solar o por convección de aire caliente, según sugieren Mesery y Khawaga (2022).

##### **Fermentación**

La fermentación es un proceso que involucra microorganismos para convertir ciertos sustratos orgánicos, tanto sólidos como líquidos, en una variedad de productos, incluyendo recursos energéticos, reactivos químicos y alimentos (Behl et al., 2023; Jarboe, 2022). Este proceso químico es catabólico y ocurre en ausencia de oxígeno, lo que permite a los microorganismos realizar la conversión en compuestos orgánicos y energía (Puerta, 2010). Las transformaciones de biomasa o sustratos orgánicos durante la fermentación dependen de factores ambientales como la temperatura, el pH, el porcentaje de oxígeno, así como del tipo

de sustrato (monosacáridos, oligosacáridos, polisacáridos o proteínas) y de los microorganismos involucrados, que determinan el proceso químico específico (oxidación, respiración celular, fermentación láctica, alcohólica, butírica, putrefacción, entre otros). Estas reacciones pueden generar una variedad de productos, como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, iones de CH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, ácidos grasos, ácido láctico, etanol, metano, H<sub>2</sub>S y otros compuestos orgánicos (Puerta, 2010).

Según Puerta (2010), los tipos de fermentación incluyen la alcohólica, láctica, propiónica, butírica, fórmica, metánica y maloláctica, cada uno de los cuales está determinado por el tipo de organismo, sustrato y condiciones ambientales. Durante la fermentación, no se involucra la cadena transportadora de electrones, lo que permite que el NADH sea el último aceptor de electrones. Este NADH puede reingresar al proceso para continuar oxidando la biomasa y convertirse en NAD<sup>+</sup> para mantener el ciclo en condiciones anaeróbicas (Schelegel, 1996), generando así energía que los propios microorganismos pueden utilizar para continuar con el proceso de fermentación.

En el ámbito energético, la fermentación acidogénica puede producir H<sub>2</sub>, aunque esta producción está sujeta a la relación simbiótica de muchos microorganismos. Los ácidos orgánicos generados en esta relación pueden acumularse e inhibir el crecimiento y metabolismo de algunos microorganismos, lo que detiene la reacción y reduce la producción de H<sub>2</sub> (Kengen et al., 2009). Para superar esta barrera termodinámica, Sriram et al. (2022) proponen la electrofermentación, que utiliza energía eléctrica y una configuración similar a las celdas de combustible microbianas, con un cátodo y un ánodo. Esta tecnología tiene el potencial de mejorar la síntesis verde de productos químicos industriales de alto valor energético y reducir la cantidad de residuos orgánicos.

### **Digestión anaerobia**

La digestión anaerobia es un proceso químico de oxidación de la biomasa residual en condiciones anoxigénicas, fundamentado en políticas de reducción de gases de efecto invernadero y los principios de economía circular (Meng et al., 2023). Esta técnica se basa principalmente en el uso de biomasa con alto contenido de humedad, como estiércol u otros residuos orgánicos, aunque se ve limitada por la presencia de agentes químicos inhibidores en los residuos, como los metales pesados (Meng et al., 2023).

Las fuentes de biomasa utilizadas en la digestión anaerobia incluyen residuos alimenticios (Lv et al., 2021), agrícolas y forestales (Fu et al., 2018), aguas residuales y residuos sólidos municipales (Donoso-Bravo et al., 2013; Demichelis, 2022). Sin embargo, la eficacia de este proceso está sujeta a la calidad y actividad del inóculo (Meng et al., 2023). La digestión anaerobia genera dos productos principales: biogás y digestato (Iglesias et al., 2021). El biogás, compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, es un recurso energético renovable, mientras que el digestato es un fertilizante orgánico que mejora las propiedades del suelo (Iglesias et al., 2021).

El beneficio de la digestión anaerobia no se limita solo a la producción de energía renovable y fertilizantes orgánicos; también puede promover el crecimiento de las plantas y aumentar su resistencia a patógenos (Lin et al., 2018), mientras contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero y al logro de la neutralidad de carbono (Meng et al., 2023).

Sin embargo, la producción de biogás puede estar limitada por la inhibición debido al alto contenido de nitrógeno, sulfuros y metales pesados presentes en las aguas residuales, que pueden afectar negativamente la metanogénesis (Archana et al., 2024). Una alternativa para abordar este problema es utilizar microalgas como pretratamiento para digerir los compuestos nitrogenados y asimilar los metales pesados (Archana et al., 2024).

La digestión anaerobia también se utiliza como tratamiento de valorización de aguas residuales y puede combinarse con la conversión hidrotermal para mejorar el aprovechamiento de la biomasa residual húmeda (Mannarino et al., 2022). Sin embargo, la conversión hidrotermal puede generar grandes cantidades de aguas residuales y estar limitada por la disolución excesiva de la biomasa (Ma et al., 2024).

### **Conversión hidrotermal**

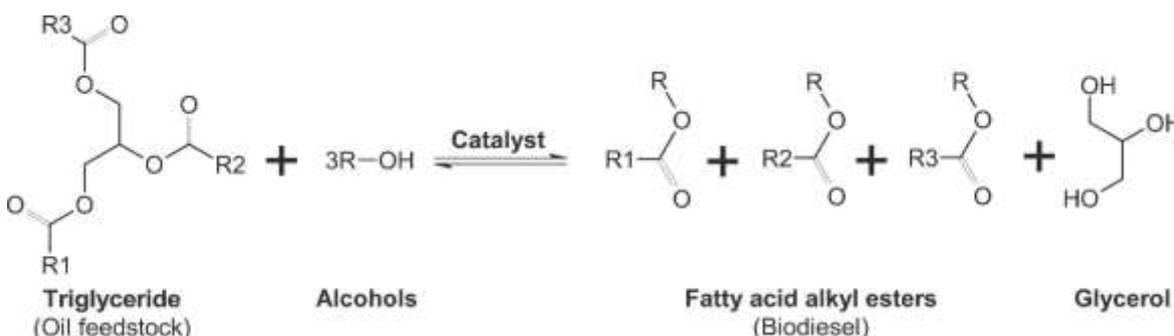
La conversión hidrotermal es un tratamiento aplicado a biomasa con un alto contenido de humedad, que se lleva a cabo a temperaturas relativamente bajas (superiores a 180 °C) en comparación con la pirólisis (superior a 400 °C), y a altas presiones generadas por la biomasa misma (Sevilla y Fuertes, 2009). Sin embargo, este proceso requiere grandes cantidades de agua, lo que a su vez genera aguas residuales con un alto contenido de biomasa diluida. Este

subproducto puede ser aprovechado mediante la digestión anaerobia, como se mencionó anteriormente (Mannarino et al., 2022).

### Transesterificación

La transesterificación es un proceso químico que convierte los ácidos grasos con un alcohol de baja densidad (como metanol o etanol) en biodiesel, utilizando un catalizador (Oyekunle et al., 2023). El biodiesel es un combustible biodegradable, renovable, poco o no tóxico, sostenible y contribuye al desarrollo sostenible (Gupta, y Rathod, 2020; Ali et al., 2020). La calidad y eficiencia del proceso de conversión dependen de la calidad de la materia prima, incluyendo la composición de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas (Oyekunle et al., 2023).

La reacción de transesterificación genera un subproducto, el glicerol, como se observa en la Figura 11. El glicerol es una molécula orgánica conformada por 3 grupos OH- y se utiliza en la industria cosmética. Actualmente, también se utiliza como reemplazo del agua para generar oxígeno a través de la electrólisis (Mawlid et al., 2022).



**Figura 11: Reacción de transesterificación de ácidos grasos**

Nota: La reacción de transesterificación necesita 3 moléculas de alcohol de baja densidad por cada molécula de triglicérido para generar biodiesel y una molécula de glicerol.

FUENTE: Tomado de: Heterogeneous catalytic transesterification for biodiesel production: Feedstock properties, catalysts and process parameters, por Oyekunle et al., 2023, p. 844-867.

### Combustión

La combustión de la biomasa es una reacción química exotérmica que requiere un comburente (generalmente oxígeno), un combustible (biomasa) y una inversión energética inicial que da lugar a la reacción. Dado que la biomasa posee cadenas largas de carbono, en

su combustión se produce CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, cenizas, luz y calor (Velázquez, 2018). Esta reacción química, a niveles industriales, requiere un control complejo en la fase de ignición y oxidación, donde suceden distintos procesos. La fase de ignición o activación comienza con la deshidratación de la biomasa que ocurre a una temperatura superior a los 100 °C. Luego, durante la fase de oxidación, se distingue la oxidación de los compuestos volátiles a temperaturas de 200° a 500 °C. Finalmente, se oxida la parte sólida donde se forma el carbón vegetal, y si el proceso continúa, este generará más energía (Velázquez, 2018; Guerrero, 2017). Por ello, la combustión de la biomasa es una alternativa importante para la generación de energía térmica (Barrera, 2018), ya que en el control de cada proceso se pueden aprovechar los distintos productos que genera.

La combustión directa de la biomasa, sin los controles adecuados de los procesos y una correcta distribución de los gases de combustión, puede ocasionar tuberculosis pulmonar, entre otras afecciones respiratorias (Sada-Ovalle, 2015). En las zonas rurales, se usa la biomasa para la cocción de alimentos y la calefacción en infraestructuras cerradas, con exposición directa a los gases de combustión, y la reacción de combustión se da de manera incompleta, generando CO, hidrocarburos, NO<sub>x</sub> y material particulado. Sabiendo que la biomasa representa el 80% de la energía doméstica utilizada en el sector rural, para el caso de la India, China, Turquía (Babalik et al., 2013) y para el Perú, hubo departamentos con un porcentaje mayor al 50% de su población que usaba la biomasa de forma tradicional (Bustamante, 2013).

### **Gasificación**

La gasificación de la biomasa es un proceso termoquímico que convierte la biomasa en combustibles gaseosos (Li et al., 2021; Situmorang et al., 2020). Se lleva a cabo en condiciones de alta temperatura y con un agente de gasificación limitado, como aire, CO<sub>2</sub> o vapor de agua, lo que produce gas de síntesis (H<sub>2</sub>, CO y CH<sub>4</sub>), según señalan Shahabuddin y Bhattacharya (2021).

Las principales limitaciones del proceso de gasificación son las condiciones específicas y el volumen del reactor gasificante. Se necesitan modelos matemáticos para orientar y definir los distintos procesos y etapas de la gasificación, con el objetivo de aprovechar eficientemente la biomasa con el menor costo energético y mayor poder energético del gas

de síntesis, según Sadhwani et al. (2018) y Yao et al. (2023). Para ello, se emplean programas como Aspen Plus para simular dichas condiciones y definir los procesos necesarios para desarrollar y construir los dispositivos gasificantes (Yao et al., 2023).

Los resultados de modelar matemáticamente las variables que intervienen en la gasificación han determinado que el caudal del agente gasificante, a partir de vapor de agua, permite activar la biomasa. El agua proporciona su oxígeno e hidrógeno para aumentar la producción de gas de síntesis y su poder calorífico (Yao et al., 2023). El uso de la gasificación como alternativa al tratamiento de la biomasa para generar biocombustibles gaseosos permite un uso eficiente de los residuos, que pueden aplicarse a distintos procesos que utilizan gas de síntesis ( $H_2$ ,  $CH_4$  y  $CO$ ). Sin embargo, existen otras alternativas que requieren una inversión tecnológica menos compleja que la gasificación, como la pirólisis, que además ofrece un producto, el biochar, que actualmente es objeto de investigación en las ciencias agrícolas y ambientales debido a su versatilidad.

### **Pirólisis**

La pirólisis de la biomasa es una alternativa potencial para la generación de energía renovable a pequeña escala. Produce un gas con un alto poder calorífico y dos subproductos, el biochar y el alquitrán, que son útiles para seguir siendo utilizados en la pirólisis o en otros usos, bajo la perspectiva de cogeneración (Bartocci et al., 2015). Este tratamiento térmico de la biomasa residual tiene un aporte importante en la gestión de residuos de la industria agrícola, dado que los reduce y sus productos pueden ser utilizados en el mismo sistema productivo, en función de los principios de la economía circular (Bartocci et al., 2015).

La pirólisis es un tratamiento termoquímico aplicado a la biomasa, que produce biogás, biochar y bioaceite en condiciones limitadas de oxígeno (Loy et al., 2018). Se clasifica en pirólisis lenta, intermedia y rápida o instantánea, dependiendo de las condiciones de operación. La pirólisis lenta se aplica cuando se necesita generar una mayor cantidad de biochar, mientras que la intermedia y rápida permiten generar un mayor contenido de bioaceite o gas de síntesis (Matamba et al., 2023). Potnuri et al., (2023) clasifica la pirólisis según las condiciones de operación, la temperatura media y la reacción que ocurre, como se muestra en la tabla 4. Actualmente, las tecnologías de pirólisis se han diversificado, adaptándose a diversas fuentes de residuos, como la biomasa, los plásticos, los lodos, el

caucho de los neumáticos e incluso las placas de circuitos eléctricos. Potnuri et al., (2023) establecen que este proceso catalítico que rompe los enlaces químicos de la biomasa inicia a una temperatura de 150 °C. Gracias a la versatilidad que posee esta tecnología y los productos que puede obtener, así como a su capacidad para reducir la generación de residuos orgánicos y generar otros sustitutos, se considera la más adecuada, ya que añade valor con un enfoque sostenible (Potnuri et al., 2023).

**Tabla 4: Clasificación de las tecnologías de pirólisis**

Clasificación	Tipos
Condiciones de operación	Pirólisis lenta
	Pirólisis rápida
	Pirólisis flash
Medio de calentamiento	Pirólisis por microondas
	Pirólisis por plasma
	Pirólisis solar
Medio reactivo	Hidropirólisis
	Vapor de pirólisis
	Pirólisis al vacío
	Pirólisis catalítica
	Pirólisis oxidativa

Nota: El pirólisis convencional necesita mayores tiempos de pirólisis, debido a la baja conductividad térmica de la fuente de energía con la biomasa. Por ello, actualmente se está investigando sobre la pirólisis asistida por microondas, la cual permite una mejor conversión térmica de la biomasa, a diferencia de otras formas de calentamiento.

FUENTE: Tomado de: A review on analysis of biochar produced from microwave-assisted pyrolysis of agricultural waste biomass, por Potnuri, R., Surya, D. V., Rao, C. S., Yadav, A., Sridevi, V. & Remya, N., 2023.

### **Torrefacción**

La torrefacción es un pretratamiento de la biomasa que aumenta su poder calorífico y elimina los componentes inestables de la lignina a temperaturas que no superan los 300 °C (Li, Du y Wu, 2023). Este proceso permite superar los obstáculos que presenta la biomasa fresca, como su bajo poder calorífico, alto contenido de humedad, mala capacidad de molienda y fácil descomposición por corrosión (Yang et al., 2024). Los diferentes tipos de torrefacción se clasifican según se muestran en la figura 12. De todos ellos, la torrefacción oxidativa es la más prometedora, ya que requiere menos energía y el proceso es más corto (Yang et al., 2024).

La descomposición térmica de la biomasa tras aplicarle el tratamiento térmico se diseña teniendo en cuenta los componentes más abundantes de la biomasa, como la hemicelulosa, la celulosa y la lignina. La hemicelulosa, un polímero lineal, se descompone a aproximadamente 220°C, liberando CO<sub>2</sub>, ácidos, fenoles, metanol y otros compuestos orgánicos a medida que la temperatura supera los 280°C. Por otro lado, la lignina, un polímero ramificado, presenta una mayor resistencia a la descomposición térmica, con un rango de temperatura de descomposición entre 160 y 900°C (Arteaga-Perez et al., 2015). Teniendo esto en cuenta, la torrefacción es un proceso térmico controlado que interviene en la devolatilización de la biomasa (Arteaga-Perez et al., 2015; Bates y Ghoniem, 2012; Sarvaramini et al., 2013), lo que permite mejorar sus propiedades energéticas.



**Figura 12: Tipos de torrefacción**

Fuente: La torrefacción seca es de fácil operación, pero genera un mayor contenido de cenizas en el carbón. Mientras que la torrefacción húmeda produce menos contenido de cenizas, sin embargo, reduce la vida útil del reactor. La torrefacción al vapor evita las desventajas de ambos tratamientos, pero requiere un mayor consumo de energía.

FUENTE: Tomado de: Diseño de un prototipo experimental de torrefacción solar para producción de biocombustibles sólidos, por Santacruz, L. M. et al., 2022; Análisis comparativo de la torrefacción húmeda y seca de *Pinus radiata*, por Arteaga-Perez, L.E. et al., 2015; Effects of torrefaction pretreatment on fuel quality and combustion characteristics of biomass: A review, por Yang et al., 2024.

### Tratamiento mecánico

El tratamiento mecánico de la biomasa abarca procesos de pre-tratamiento y mecanismos de densificación que permiten obtener materiales lignocelulósicos con un alto potencial energético, a la vez que ofrecen una solución segura para la eliminación de residuos sólidos y la generación de energía renovable (Sosa y Bielsa, 2023).

El pre-tratamiento mecánico de la biomasa implica la poda y reducción de su tamaño, lo que aumenta su área superficial, reduce su volumen y mejora su manipulación (López González et al., 2018; Sosa y Bielsa, 2023). Por otro lado, el tratamiento mecánico para la densificación con el fin de producir pellets o briquetas puede aprovechar materias primas como los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, desechos de madera y otros materiales con una proporción considerable de materia orgánica de origen doméstico o comercial (Sosa y Bielsa, 2023). Estos productos densificados pueden ser utilizados para generar energía eléctrica o calorífica (Nasrullah et al., 2017).

Los residuos sólidos orgánicos, al ser transformados en material granular, briquetas o pellets con la ayuda de aglutinantes, pueden satisfacer la demanda energética y reemplazar a los combustibles fósiles, ya que poseen un alto poder calorífico inferior (Sosa et al., 2021). Sin embargo, la calidad de las briquetas está determinada por la composición de la materia prima, y los aglutinantes tienen efectos significativos en el poder calorífico y la durabilidad de la biomasa (Rajput et al., 2020; Wang et al., 2018; Jamradloedluk y Lertsatitthanakorn, 2015).

## **b. Biorrefinerías**

La creciente escasez de combustibles fósiles ha impulsado la urgencia de adoptar un enfoque energético más sostenible basado en fuentes renovables. En este contexto, la biomasa emerge como una alternativa prometedora, ya que no solo proporciona recursos energéticos renovables, sino que también ofrece una solución efectiva para la gestión de residuos. Esto ha conducido al surgimiento de las biorrefinerías de segunda generación, que se distinguen por su utilización de residuos como materia prima en sistemas integrados, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, según lo señalado por Cárdenas (2012).

El concepto de las biorrefinerías se fundamenta en dos enfoques principales: la transformación biológica de la biomasa mediante sistemas fermentativos y la transformación termoquímica para la gasificación de la biomasa, como lo define el National Renewable Energy Laboratory (2008). Estas biorrefinerías se pueden clasificar de diversas formas, tal como se muestra en la tabla 5. Este enfoque innovador no solo permite la producción de una variedad de productos químicos y energéticos a partir de la biomasa, sino que también contribuye a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y al abordaje de los desafíos asociados con la gestión de residuos.

**Tabla 5: Clasificación de las biorrefinerías**

Clasificación	Tipo	Tecnología
Materia prima	Biorrefinería verde	Pretratamiento, prensado, fraccionado, separación y digestión
	Biorrefinería de cultivo completo	Molido seco o húmedo, conversión bioquímica
	Biorrefinería lignocelulósica	Pretratamiento, hidrólisis química y enzimática, fermentación, separación.
Producto generado	Biorrefinería marina	Extracción y separación
	Biorrefinería de plataforma	Combinación de la plataforma azúcar y plataforma de gas de síntesis
Tecnología	Biorrefinería termoquímica y biológica	Conversión termoquímica, torrefacción, pirólisis, gasificación, separación de productos, síntesis catalítica.

Nota: Las biorrefinerías pueden producir combustibles, productos químicos, materiales y polímeros. Además, algunas pueden adaptarse a las refinerías de hidrocarburos y aprovechar las instalaciones para generar biocombustibles.

FUENTE: Tomado de: Biorefinerías para la producción de biocombustibles de segunda generación, por National Renewable Energy Laboratory, (2008).

Las biorrefinerías tienen como objetivo principal la producción de una amplia gama de productos, que incluyen biocombustibles, sustancias químicas, energía eléctrica y térmica. Para lograr este propósito, aprovechan la biomasa como materia prima, lo que les confiere una notable flexibilidad y les permite generar productos de alta demanda a nivel mundial, según señala Cárdenas (2012). Entre estos productos, uno de los más destacados es la producción de hidrógeno verde.

El hidrógeno verde se produce a partir de fuentes renovables, como la biomasa, a través de procesos de electrólisis del agua o de reformado de biomasa. Es considerado una alternativa prometedora para abordar los desafíos energéticos y ambientales actuales, ya que es un combustible limpio y altamente versátil. Su uso puede contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la transición hacia una economía baja en carbono. En el contexto de las biorrefinerías, la producción de hidrógeno verde representa una oportunidad clave para diversificar la gama de productos y maximizar el valor añadido de la biomasa como recurso renovable.

### 2.3.6. Energía de hidrógeno verde

El hidrógeno es un combustible que puede alcanzar temperaturas superiores a los 2000 °C durante su combustión, y a diferencia de otros combustibles, como los hidrocarburos, su combustión no genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sino únicamente vapor de agua y calor.

Estas características hacen que el hidrógeno sea especialmente adecuado para aplicaciones industriales, como la industria metalúrgica, donde se requieren temperaturas muy elevadas que no pueden alcanzar otras fuentes de energía, como los sistemas fotovoltaicos y eólicos (Torres y García, 2022).

Existen diversas formas de generar hidrógeno, como se muestra en la tabla 6. Estos métodos incluyen la electrólisis del agua, la reforma de gas natural, la gasificación de la biomasa y la fotólisis, electrolisis y termólisis del agua, y procesos termoquímicos entre otros. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas en términos de eficiencia, costos, disponibilidad de materias primas y emisiones de gases de efecto invernadero. La elección del método de producción de hidrógeno dependerá de factores como la disponibilidad de recursos, la infraestructura existente y las necesidades específicas de la aplicación prevista.

La tabla 6 muestra que el hidrógeno verde ofrece una alternativa ecológica superior en comparación con otras formas de producción de hidrógeno. Según Villagrasa (2022), la producción de hidrógeno verde comienza con el aprovechamiento de fuentes de energía renovable, como la solar, eólica e hidráulica. Estas fuentes de energía renovable se utilizan para generar electricidad, la cual alimenta un electrolizador sumergido en agua. El electrolizador descompone las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno mediante un proceso de electrólisis. Posteriormente, el hidrógeno producido se comprime y almacena para su transporte y uso en diversas aplicaciones, como la industria, el transporte, la generación de energía y la calefacción.

Esta forma de producción de hidrógeno verde es altamente sostenible y no genera emisiones de gases de efecto invernadero, ya que utiliza energía renovable y no depende de combustibles fósiles. Además, el hidrógeno verde puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono en sectores clave de la economía.

La energía derivada del hidrógeno verde se produce a partir de fuentes de energía renovable y se proyecta como un componente crucial en la transición hacia un sistema energético más sostenible. Sin embargo, su aplicación puede estar limitada a ciertos casos, principalmente como alternativa a los combustibles fósiles en áreas donde la electrificación completa no es

viable a largo plazo. Es importante tener en cuenta que la producción de hidrógeno verde también requiere el uso de recursos naturales, incluyendo tierra y agua, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por lo tanto, es necesario evaluar cuidadosamente los beneficios y las implicaciones ambientales de la producción y el uso del hidrógeno verde en el contexto de la transición energética.

**Tabla 6: Clasificación de los procesos de producción de H2**

<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>	<b>Proceso</b>	<b>Productos y residuos</b>
Negro, marrón y gris	Carbón, lignito o gas natural	Por reformado o gasificación	H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero
Azul	Carbón, lignito o gas natural	Por reformado o gasificación, pero con captura de CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> almacenado, menor generación de CO <sub>2</sub> o CH <sub>4</sub> por fugas.
Turquesa	Gas fósil (metano)	Pirólisis	H <sub>2</sub> y Carbón
Verde	Agua	Electrólisis	H <sub>2</sub> y O <sub>2</sub>

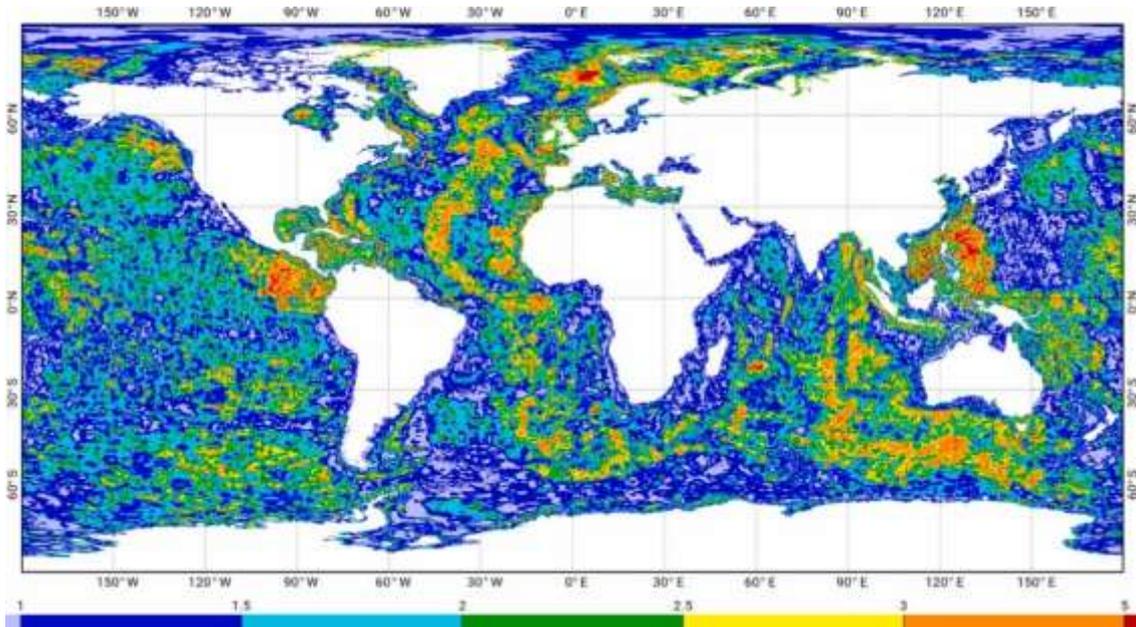
Nota: El hidrógeno gris es el más producido a nivel mundial (más del 90%).

FUENTE: Tomado de Observatorio de Energía y Desarrollo Sustentable, Monitor Hidrógeno Verde, por PNUD, 2022; Observatorio de Energía y Desarrollo Sustentable, Monitor Hidrógeno Verde, por Cerezo Araujo, F., 2022; Hidrógeno verde: criterios de éxito para su comercio y producción sustentable, por Villagrasa, D., 2022.

### 2.3.7. Electromotricidad y energía Maremotriz

La electromotricidad representa aquella energía que proviene de una fuente, medio o equipo, la cual brinda energía eléctrica (Gray y Wallace, 1960). Tenemos el ejemplo de las centrales térmicas, hidroeléctricas, eólicas y fotovoltaicas. Al igual que las energías renovables vistas anteriormente, ahora veremos otras fuentes no convencionales de energías renovables como la energía mareomotriz.

La energía mareomotriz es producida por las mareas, ondulaje, olas, gradiente térmico, presión osmótica (presión entre agua dulce y salada al nivel del estuario), y corrientes oceánicas de ascenso y descenso (Khare y Bhuiyan, 2022). Es considerada también una alternativa a las fuentes de energía renovables solar, eólica, hidráulica y biomasa, debido a su densidad de potencia y previsibilidad en las condiciones ambientales y logísticas para la producción y distribución energética, respectivamente (Li y Zhu, 2023), lo que la hace económicamente y competitivamente viable, según señalan Khare y Bhuiyan (2022). El potencial que posee la energía mareomotriz a nivel mundial se muestra en la Figura 13.



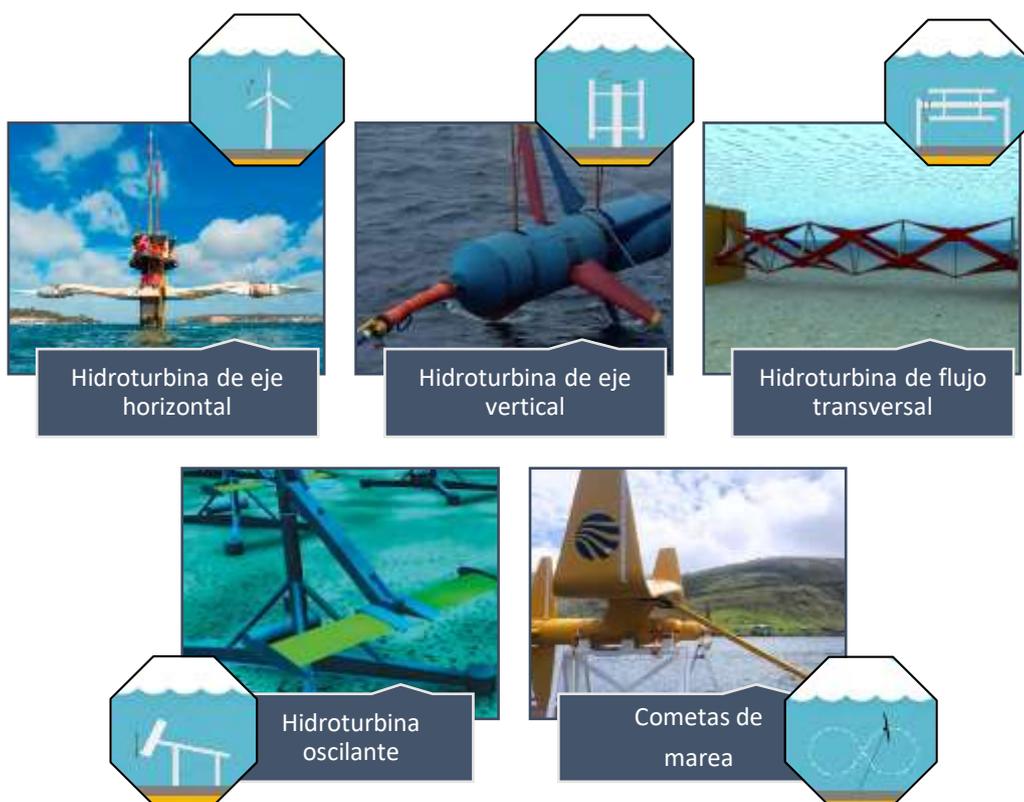
**Figura 13: Distribución global del potencial de generación de energía de las mareas**

Nota: Se aprecia en colores más cercanos al rojo como mayor potencial de generación de energía de las mareas en función a la incidencia de mareas altas y bajas, ubicándonos en las costas de Centroamérica, Canadá, Filipinas y China, así como en el océano atlántico.

FUENTE: Tomado de: FES2014 global ocean tide atlas: Design and performance, por Lyard et al., 2021.

Las tecnologías para aprovechar la energía de marea, consisten en una caja de cambios, un generador, una góndola, un sistema de anclaje, cimentación o amarre junto a una torre y la hidroturbina (Bahaj y Myers, 2003). Este último componente es quien varía en diseño como se muestra en la figura 14. Estas hidroturbinas se mueven más lento que las turbinas eólicas, por lo que deben soportar mayor esfuerzo generado por la densidad del agua y las corrientes marítimas señalan Li y Zhu (2023). También es común represar estuarios en marea alta y desfogarlos en marea baja a través de una turbina que generara electricidad, similar a las presas de energía hidráulica. Países como Canadá puede tener mareas de hasta 12 m, habiéndose reportado zonas en Rio Gallegos Argentina mareas de 18 m. En varias zonas de Rusia tienen una producción de 15 - 87 Gw en mareas.

Li y Zhu (2023), recomiendan sobre los sistemas mareomotrices que se investigue en relación a la conexión a red y la calidad de la energía. Dado que, estos sistemas requieren de materiales eléctricos submarinos que requieren de una gran inversión.



**Figura 14: Tipos de hidroturbinas comerciales**

Nota: Aunque aún se desconozcan con exactitud los riesgos ambientales, se tiene en cuenta que las hidroturbinas se instalan en áreas de flujo abierto y con una velocidad de rotación muy baja, lo que evita un mayor contacto con la fauna marina. Sin embargo, se sugiere evaluar los efectos acumulativos sobre los hábitats bentónicos.

FUENTE: Tomado de: Tidal current energy harvesting technologies: A review of current status and life cycle assessment, por Li y Zhu, 2023.

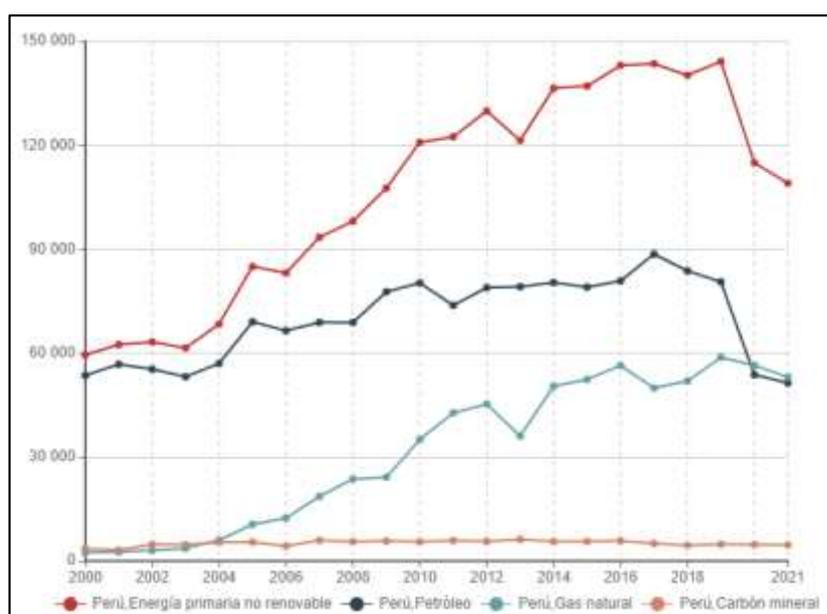
## 2.4. Importancia de las energías renovables en el Perú

Como se mencionó anteriormente, las energías renovables permiten diversificar la matriz energética peruana, no depender de fuentes externas de energía que tanto afectan nuestra economía. Son fuentes inagotables de energía limpia que no contaminan en comparación a las fósiles, adicionalmente contribuyen significativamente a mitigar el cambio climático. Estas fuentes a su vez son intensivas en mano, estimulando la economía, siendo competitivas y sostenibles, y permitiendo seguridad energética y alimentaria

### 2.4.1. Matriz energética peruana

En la plataforma para el desarrollo del hidrógeno verde en Latinoamérica y el Caribe, encontramos que la matriz energética del Perú en generación de electricidad está conformada por más del 50% de energía termoeléctrica, seguida por casi un 40% de hidroeléctricas, un

poco más del 3% de energía eólica y aproximadamente un 2% de energía solar (GIZ, 2020). El aumento de la participación de la energía termoeléctrica en la matriz energética peruana hacia el año 2021 se debe a la promoción e instalación del gas natural de Camisea, según señala GIZ (2020). Esta situación ha ocasionado un retraso en la transición hacia una matriz energética más diversificada y compuesta principalmente por fuentes renovables, un proceso que también se vio afectado por la pandemia. De acuerdo con la figura 15, podemos observar esta información, así como confirmar que, dentro de las fuentes de energía no renovables, el gas natural está experimentando un aumento, mientras que la participación del petróleo ha ido disminuyendo, según datos de la CEPAL (2023).

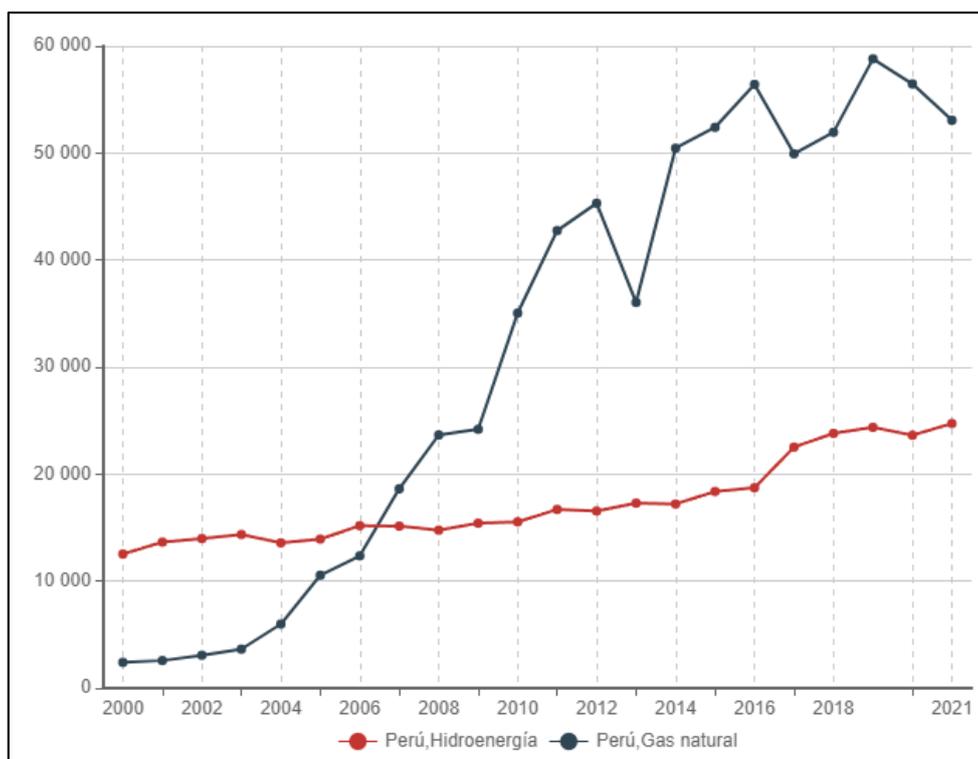


**Figura 15: Oferta de energía primaria no renovable 2000 – 2021**

Nota: Los valores están en función al transcurso del tiempo en años y miles de barriles equivalentes de petróleo.

FUENTE: Extraído de: CEPALSAT, Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas, por: CEPAL (2023).

Además de lo anterior, en la figura 16 se compara la oferta de energía primaria de las fuentes renovables con las no renovables, mostrando que la tendencia en la oferta de gas natural fue considerablemente mayor que la de la energía hidroeléctrica. Sin embargo, a partir de 2019, la tendencia de la oferta de gas natural comenzó a disminuir, mientras que la hidroeléctrica se mantuvo estable.



**Figura 16: Oferta de energía de las hidroeléctricas y el gas natural**

Nota: Dentro de las energías renovables primarias, quien posee una mayor oferta es la energía hidroeléctrica, mientras que para las energías primarias no renovables es el petróleo y el gas natural, sin embargo, solo se tomó el gas natural, puesto que en los últimos años ha superado a la oferta del petróleo.

FUENTE: Tomado de: CEPALSAT, Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas, por CEPAL, 2023.

#### a. Tendencias futuras de consumo energético

Según Osinergmin, las tendencias de consumo energético en el período de 2005 a 2021 han experimentado un aumento significativo, pasando de más de 20 TWh a alrededor de 48 TWh, con una tasa de crecimiento cercana al 5%, en línea con el crecimiento promedio anual del PBI real del 4,5% (Ruiz., 2023).

Para analizar las tendencias futuras del consumo energético hacia el año 2050, Deloitte (2021) propone tres escenarios diferentes:

1. Escenario Inercial: Sigue las políticas y proyecciones actuales del Perú.
2. Escenario de Cumplimiento de las NDC: Se basa en los compromisos del Acuerdo de París, con una matriz energética que alcanza sus límites potenciales.

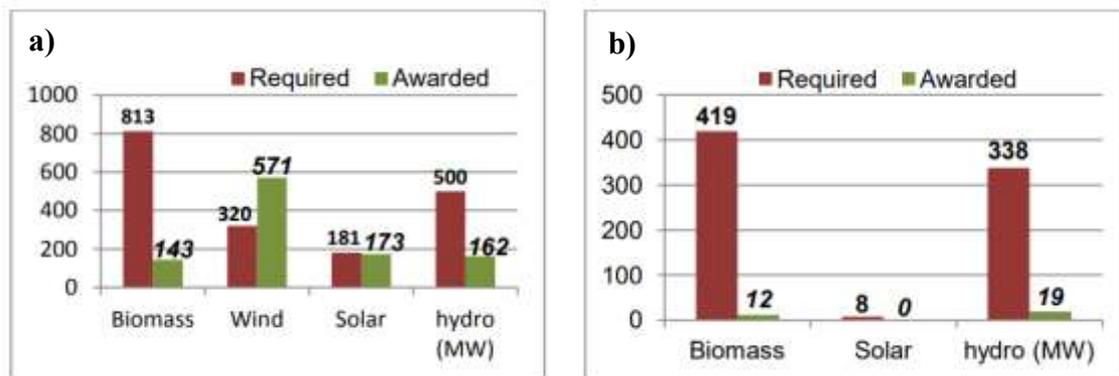
3. Escenario de Carbono Neutralidad: Establece políticas de mitigación y reestructuración de la matriz energética orientadas hacia el carbono neutralidad.

Según las estimaciones de Deloitte (2021), en el escenario 2, Perú alcanzaría un consumo energético de más de 100 TWh para el año 2050, mientras que en el escenario 3 se acercaría a los 107 TWh. En ambos escenarios, las energías renovables, como la hidroeléctrica, solar y eólica, representarían el 79% y 86% del total, respectivamente. Los sectores residenciales, comercial, servicios públicos, agricultura, industria y transporte serían los principales enfoques para la distribución energética hacia una transición hacia el carbono neutralidad en los escenarios 2 y 3.

#### **b. Subastas de energía**

En el Perú, se llevan a cabo dos tipos de subastas para los Recursos Energéticos Renovables, con períodos de adjudicación que van de 10 a 30 años. La primera modalidad es la subasta On-grid, donde la energía generada se conecta a la red eléctrica nacional, mientras que la segunda es la subasta Off-grid, donde la energía no está conectada a la red eléctrica principal (Fernández, 2022).

Estas subastas tienen como objetivo establecer un requerimiento energético por parte del estado en términos de capacidad en megavatios (MW), junto con una tarifa máxima que se pretende no exceder. Las empresas compiten para ofrecer la tarifa más baja posible, y aquella que presente la oferta más competitiva se adjudica el contrato. Sin embargo, los precios establecidos por el estado en la tarifa durante la primera subasta realizada en 2008 generaron un efecto desincentivador en la segunda subasta del 2012. Esto se debió a que las empresas se limitaron a ofrecer precios similares a los establecidos anteriormente, lo que resultó en una disminución de proyectos adjudicados, tal como se muestra en la figura 17. Esta situación condujo a una insuficiencia en la cobertura de la demanda energética establecida por el estado.



**Figura 17: Resultados de las primeras 2 subastas de Recursos Energéticos Renovables**

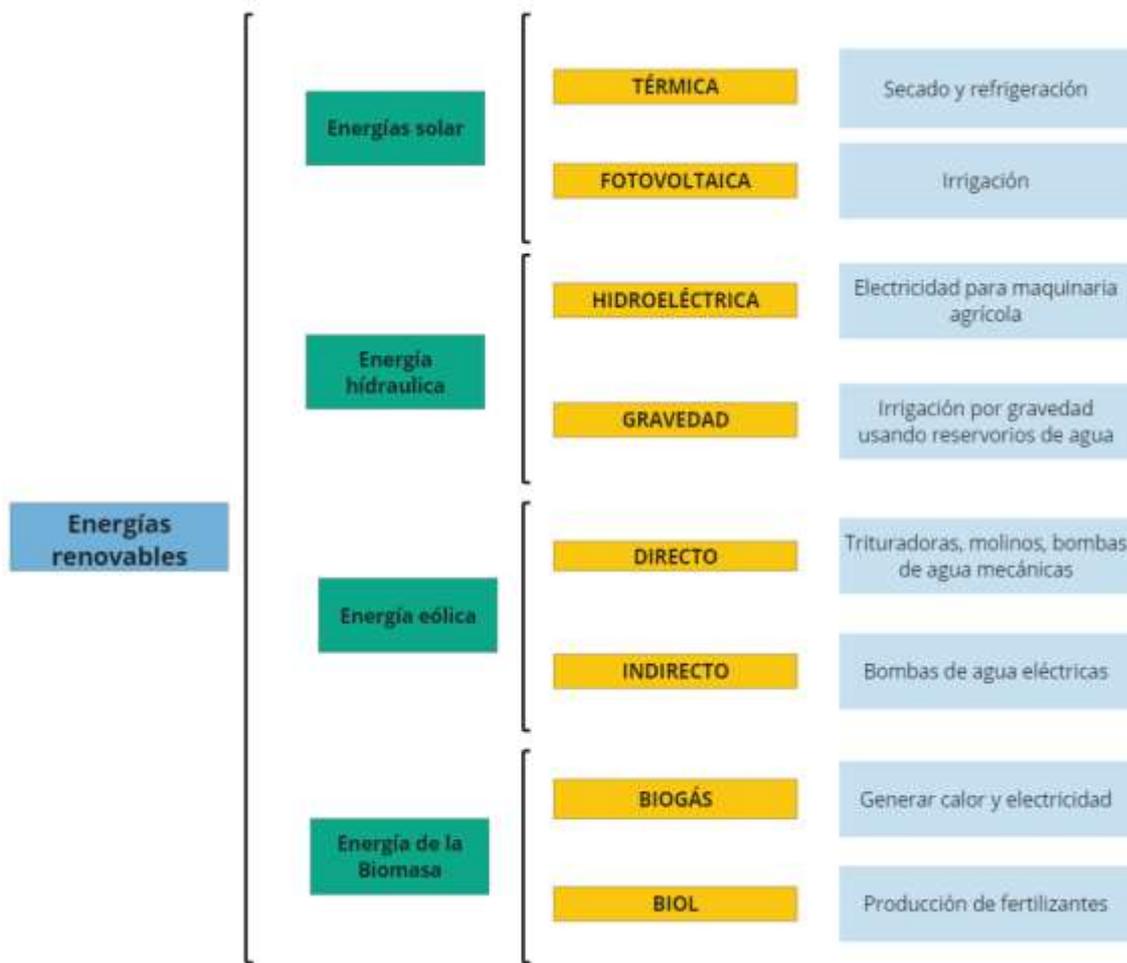
Nota: El gráfico (a) muestra la primera subasta realizada en el 2008 y el gráfico (b) la segunda subasta realizada en 2012.

FUENTE: Tomado de: Perú: Subastas de Energía Renovable, por Osinergmin (2013).

El mecanismo para generar ingresos de parte de las empresas es en función a las tarifas y las primas. La prima es aquella ganancia de la empresa que no proviene del cobro de la tarifa, sino de la compensación que da el estado por la diferencia entre las ganancias obtenidas por el cobro de la tarifa sobre las ganancias estimadas si hubiese vendido la energía al precio adjudicado, lo que garantiza los ingresos de la empresa señala Fernández (2022).

### c. Aplicaciones de las Energías Renovables en la Agricultura

La energía destaca un papel importante en la agricultura, dado que esta es importante en cada etapa de la producción agrícola. Comenzando desde la producción de fertilizantes hasta la maquinaria para cosechar señala Majeed et al. (2023). Actualmente, los altos precios de la energía y su volatilidad en el mercado afectan los costos de producción, por lo que se sugiere la optimizar la eficiencia energética y fuentes renovables de energía que están disponibles para el sector agrícola menciona Majeed et al. (2023). Los posibles usos de las diversas alternativas de energías renovables son descritos por Majeed et al. (2023) y se mencionan en la Figura 18.



**Figura 18: Aplicaciones de las energías renovables en la agricultura**

Nota: En los recuadros amarillos se observan algunas formas de utilizar los recursos energéticos renovables que se aprecian en verde. Y en celeste se observan algunas de sus aplicaciones en la agricultura.

FUENTE: Tomado de: Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture, por Majeed et al. (2023)

Los recursos energéticos renovables ofrecen varias aplicaciones en la agricultura, lo que permite impulsar su desarrollo sostenible. En la actualidad, se están implementando diversas medidas de mitigación contra el cambio climático, abordando diferentes aspectos, entre ellos el energético. El Laboratorio de Energías Renovables se enfoca en esta área y, en su visión, también contempla la producción de fertilizantes orgánicos a partir de recursos biomásicos residuales disponibles en la agricultura.

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.1. Educación, investigación y servicios**

El Laboratorio de Energías Renovables pertenece al Departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción (DOTyC) de la Facultad de Ingeniería Agrícola – UNALM, Y es un espacio dedicado a la educación, la investigación y la prestación de servicios de análisis y producción científica en el campo de las energías renovables. En este laboratorio se lleva a cabo la parte práctica de varios cursos, a nivel de pregrado y posgrado, relacionados con estas temáticas, como Energías Renovables, curso que proporciona una introducción a las energías renovables, abordando el contexto internacional y nacional, describe todas las fuentes actuales y futuras y sus aplicaciones, Energía Solar Fotovoltaica y Eólica, curso que se enfoca en la energía fotovoltaica y eólica, que se proyecta como las principales fuentes de energía eléctrica para el año 2050, según informes del INRENA, Bioenergía a partir de los residuos agropecuarios y agroindustriales, curso que se enfoca en determinar el potencial energético de residuos de la biomasa, determinar los principios de su funcionamiento, clasificación y métodos de transformación de la bioenergía, Desarrollo de productos agroindustriales con tecnologías limpias, curso de Maestría y que aborda la aplicación de tecnologías energéticas limpias renovables en la producción agroindustrial, Desarrollo de la Energías Renovables, curso a nivel de maestría y aborda el contexto nacional e internacional de las energías renovables, describe las fuentes más comerciales, y desarrolla los cálculos de su dimensionamiento y, finalmente Cambio Climático y Energías Renovables, curso a nivel de doctorado y que resalta la importancia del uso de las energías renovables en el cambio climático, cálculo de las huellas de carbono y valoraciones.

Además de la docencia, el laboratorio también lleva a cabo investigaciones sobre el aprovechamiento energético de la biomasa y la energía solar fotovoltaica y fototérmica plasmado en tesis de alumnos de pre y post grado, e investigaciones propias del laboratorio. En adición, se desarrollan investigaciones, conferencias y reuniones de tres círculos de Investigación de los alumnos, que se enfocan en encontrar alternativas energéticas para

resolver problemas académicos y sociales. Estos son: Círculo de Investigación en Pirolisis y Biomasa, Círculo de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética y el Círculo de Investigación en Ambientes controlados.

El laboratorio también organiza actividades de difusión y cursos extracurriculares para aprender sobre aplicaciones específicas de las energías renovables, especialmente en el ámbito de la biomasa y la energía solar fotovoltaica y fototérmica. Además, de establecer convenios con diversas instituciones académicas nacionales e internacionales para integrar aportes externos.

Para llevar a cabo todas estas actividades, el Laboratorio de Energías Renovables cuenta con el equipamiento necesario, y los aportes económicos que son proporcionados por la Universidad Nacional Agraria La Molina, la Facultad de Ingeniería Agrícola, y el departamento de Ordenamiento Territorial y Construcción, y también con fondos propios obtenidos a través de servicios y proyectos subvencionados por el estado y organismos internacionales.

### **3.2. Equipamiento**

El Laboratorio de Energías Renovables consta de cuatro espacios dedicados a diferentes funciones:

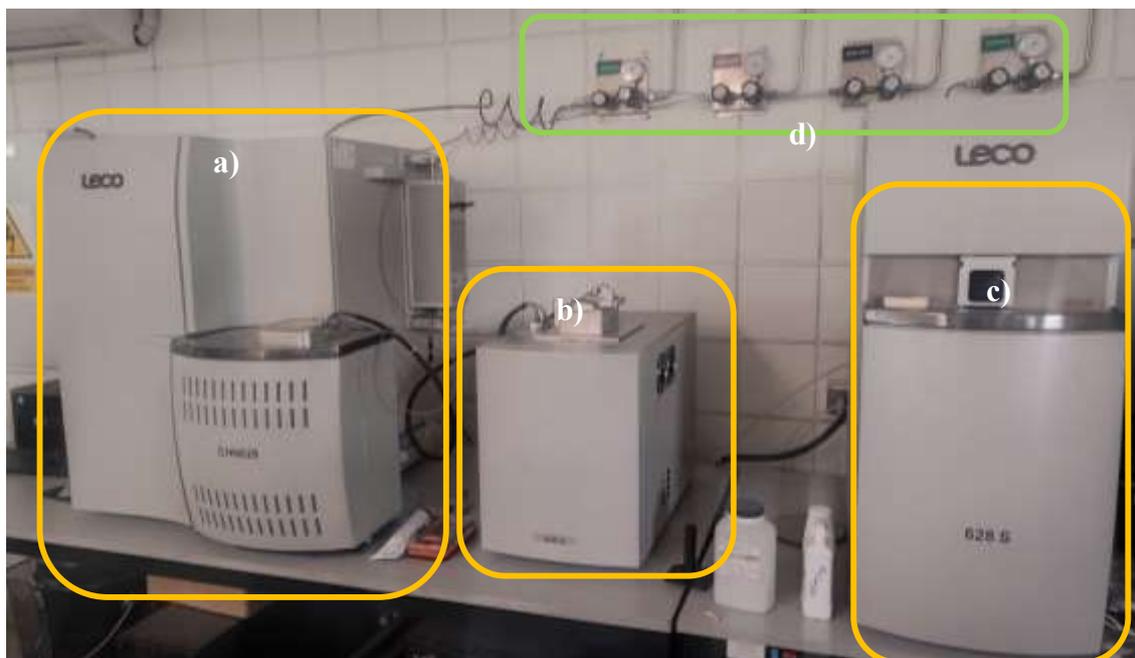
1. Área de Administración: Esta oficina se utiliza para gestionar los cursos, proyectos y reuniones relacionados con el desarrollo del laboratorio, así como para manejar la parte contable. Está equipado con utensilios de escritorio, equipos digitales y un baño. Aquí se lleva a cabo la planificación de las actividades del laboratorio y los círculos de investigación.
2. Área de Clases y Pruebas de Laboratorio: En este espacio cuenta con cuatro mesas y los equipos necesarios donde se realizan las actividades académicas de aprendizaje práctico para los cursos de Energías Renovables, así como ensayos y otras investigaciones que requieren de espacio en el laboratorio.
3. Almacén: Este espacio en el sótano, se reserva para almacenar equipos grandes o en desuso que esperan ser recogidos por la universidad. Se utiliza para mantener ordenado y seguro el material que no se está utilizando activamente.

4. Unidad de Biomasa Energética (UBE): Espacio completamente aislado y controlado, donde se encuentran los equipos de análisis de la biomasa, como la bomba calorimétrica para analizar el poder calórico, analizador termogravimétrico y analizador elemental (C, H, O, N y S), entre otros instrumentos de laboratorio. Esta unidad está dedicada específicamente al estudio y análisis de la biomasa para su aprovechamiento energético.

### **3.3. Unidad de Biomasa Energética**

La Unidad de Biomasa Energética del Laboratorio de Energías Renovables (UBE), es un espacio completamente aislado y controlado en temperatura que requieren los equipos, donde se cumplen las siguientes funciones:

1. Área de Recepción, Almacenamiento y Pretratamiento de Biomasa: Este espacio está dedicado a recibir, refrigerar, almacenar y realizar el pretratamiento inicial de la biomasa. Aquí se gestionan las muestras de biomasa que serán analizadas posteriormente. Se llevan a cabo tareas como la preparación de las muestras para su análisis y su almacenamiento adecuado, refrigerado, antes de su procesamiento.
2. Área de análisis donde se ubican los equipos: en este espacio se encuentran los equipos de análisis de la biomasa, fabricados por la marca LECO, que usan el método Dumas que consiste en incinerando de las muestras para analizar la composición de los gases volátiles en un tiempo bastante rápido comparado con equipos similares, cromatógrafos, etc. Uno de los equipos más importantes es el analizador elemental, que tiene la capacidad de procesar muestras de hasta un gramo y determinar el contenido de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre de la biomasa. El proceso de análisis comienza colocando y pesando la muestra en una lámina de 1x1 cm, que luego se enrolla en forma de cono y se suministra al equipo analizador. El equipo calienta la biomasa a altas temperaturas, descomponiéndola hasta volatilizar todos los compuestos orgánicos. A través de un filtro de lana de cuarzo y un filtro de CO<sub>2</sub>, se obtiene un gas que se analiza para determinar su composición elemental de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. Como ejemplo, para proyectos de captura de carbono, se analiza el carbono total y el fijo lábil y recalcitrante, y para análisis de fermentación la relación C/N.



**Figura 19: Partes del analizador elemental**

Nota: El analizador elemental cuenta con software que manda la señal para iniciar el proceso, así como el de registrar los datos que va enviando el equipo. Este equipo procesa las muestras para analizar el Carbono, Hidrógeno y Nitrógeno en el equipo a), el oxígeno en el equipo b) y el azufre en el equipo c). Para ello utiliza los gases de helio y oxígeno como se observan en d).

El analizador proximal, figura 19, es un equipo fundamental en el proceso de análisis de la biomasa, ya que proporciona información detallada sobre su composición y características termogravimétricas. Aquí se describen las partes más relevantes de este equipo:

1. Cámara de Procesamiento: Es el espacio donde se colocan las muestras de biomasa para su análisis. Tiene la capacidad de procesar hasta 24 muestras simultáneamente, lo que permite una alta eficiencia en la determinación de la descomposición termogravimétrica de la biomasa.
2. Sensores y Componentes Internos: Dentro de la cámara de procesamiento se encuentran los sensores y componentes necesarios para medir la temperatura y el peso de las muestras de biomasa durante el análisis. Estos datos son recopilados y registrados por el equipo para su posterior análisis.
3. Software de Control y Registro de Datos: El analizador proximal está equipado con un software especializado que controla el proceso de análisis y registra los datos obtenidos durante el mismo. Este software permite visualizar en tiempo real las curvas termogravimétricas, que muestran la pérdida de masa de la muestra en función del aumento

de temperatura y del tiempo transcurrido.

4. Interfaz de Usuario: La interfaz de usuario del analizador proximal proporciona una manera intuitiva de controlar el equipo y acceder a los datos recopilados durante el análisis. Permite configurar parámetros de análisis, visualizar resultados y exportar datos para su posterior análisis y procesamiento.

En resumen, el analizador proximal o termogravimétrico (TGA) (Ver Figura 20), es una herramienta clave para el análisis de la biomasa, ya que proporciona información detallada sobre su composición y comportamiento térmico, volatilidad de algunos compuestos a diferentes temperaturas, cenizas y humedad total. Su capacidad para procesar múltiples muestras simultáneamente y su software especializado lo convierten en una herramienta eficiente y versátil para la investigación en el campo de las energías renovables.



**Figura 20: Partes del analizador proximal**

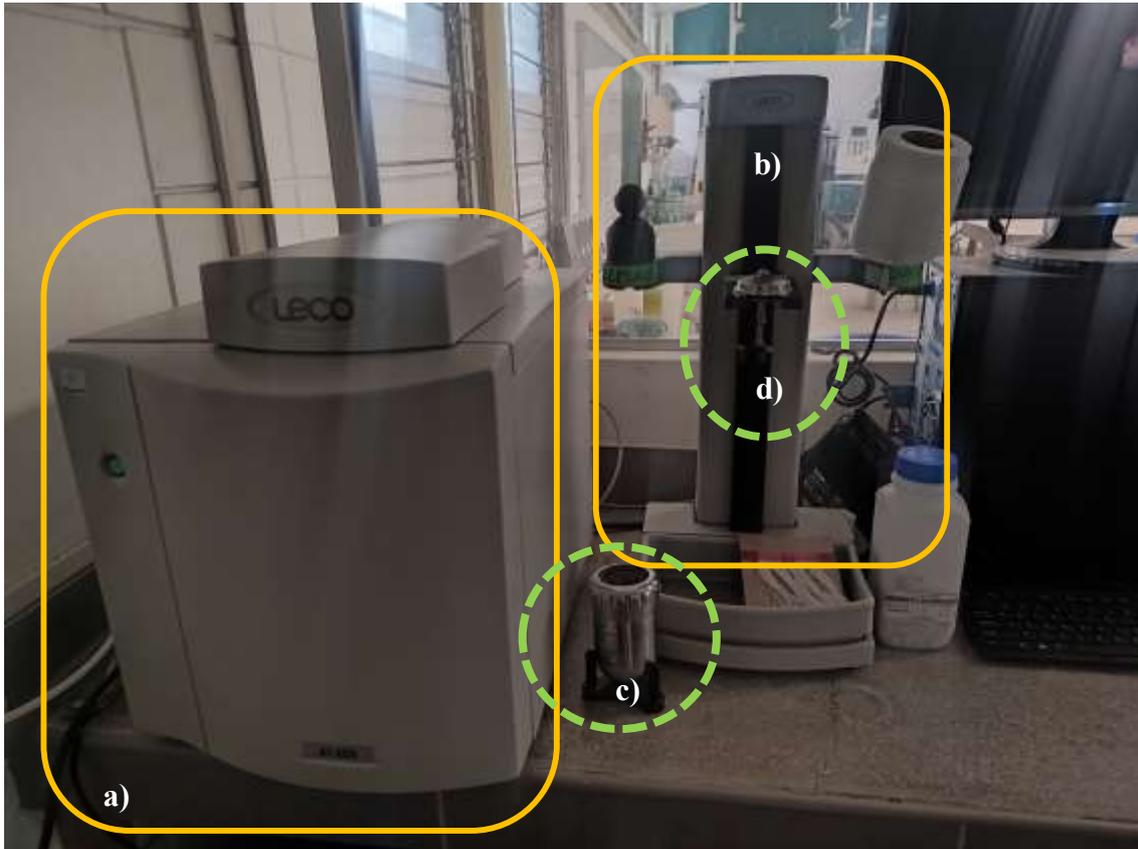
Nota: El analizador proximal cuenta con software que manda la señal para iniciar el proceso, así como el de registrar los datos que va enviando el analizador. El analizador proximal es el que se encuentra en a) y los envases blancos son recipientes donde se coloca la muestra, las cuales están compuestas de material refractario y cada una tiene una tapa. En b) encontramos los gases (nitrógeno y oxígeno industrial) que se usan para el análisis proximal.

La bomba calorimétrica, Figura 21, es un equipo fundamental para determinar el poder calorífico superior e inferior de la biomasa, proporcionando información crucial de la muestra sobre su capacidad para producir energía. A continuación, se describen las partes más importantes de este equipo:

1. Bomba de Combustión: Este es el contenedor de acero inoxidable donde se coloca la muestra de biomasa para su análisis. La muestra se llena de oxígeno utilizando un equipo anexo al calorímetro antes de insertarla en la bomba.
2. Sistema de Oxigenación: El equipo cuenta con un sistema que permite llenar la bomba de combustión con oxígeno antes de realizar la combustión fugaz. Esto garantiza que la muestra se quemara completamente durante el análisis.
3. Termómetro: Dentro del calorímetro, la bomba de combustión sellada se sumerge en agua y se produce la combustión fugaz. El calor generado durante esta combustión eleva la temperatura del agua, y esta variación de temperatura se mide con un termómetro integrado en el equipo.
4. Software de Control y Registro de Datos: El calorímetro está equipado con un software especializado que controla el proceso de análisis y registra los datos obtenidos durante el mismo. Este software permite calcular el poder calorífico inferior de la biomasa en función del peso de la muestra y la variación de temperatura del agua.

El poder calorífico inferior se expresa en unidades de energía por unidad de masa de la muestra, como kilocalorías por gramo (kcal/g) o kilojulios por gramo (kJ/g). Este valor proporciona una medida cuantitativa del contenido energético de la biomasa y es fundamental para evaluar su potencial como fuente de energía renovable.

En resumen, la bomba calorímetro es un equipo esencial para determinar el poder calorífico de la biomasa superior, PCS (seca) e inferior PCI (húmeda), proporcionando información valiosa para su uso como combustible y su aprovechamiento en aplicaciones energéticas. Su funcionamiento sencillo y sus capacidades de medición precisas lo convierten en una herramienta indispensable en el análisis de la biomasa y otras muestras energéticas.



**Figura 21: Partes del calorímetro**

Nota. El calorímetro cuenta con software que manda la señal para iniciar el proceso, así como el de registrar los datos que va enviando el equipo. En a) encontramos al calorímetro, en b) se encuentra el equipo encargado de saturar de oxígeno el recipiente c), en el cual se coloca la muestra. La muestra primero se coloca en los platillos de d) y luego van en el recipiente, para finalmente sellarlo y saturarlo de oxígeno. Para después colocarlo en el calorímetro e iniciar el proceso de análisis.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Fortalecimiento del ing. agrícola y otras carreras en RER**

#### **4.1.1. Contribución en otras carreras de la UNALM a nivel pregrado**

El Laboratorio de Energías Renovables (LER) desempeña un papel fundamental en la formación académica y la investigación en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). A través de los cursos impartidos, y dando apoyo a los tesis de diferentes especialidades, y a los círculos de investigación, el LER involucra a estudiantes y profesionales y empresas de diversas disciplinas en el estudio y desarrollo de tecnologías relacionadas con las energías renovables y la sostenibilidad ambiental.

En cuanto a la participación de estudiantes de diferentes carreras, el LER acoge a alumnos de ingeniería agrícola, ingeniería ambiental, agronomía, biología, forestales, meteorología y zootecnia, entre otras. Este enfoque multidisciplinario permite abordar los desafíos relacionados con las energías renovables desde diversas perspectivas y aprovechar el conocimiento y las habilidades de diferentes áreas de estudio.

El laboratorio también brinda apoyo a investigadores y tesis de la UNALM, ofreciendo acceso a sus instalaciones y servicios para llevar a cabo investigaciones relacionadas con energías renovables. Esta colaboración ha dado lugar a la realización de numerosas publicaciones científicas, que contribuyen al avance del conocimiento en el campo de las energías renovables y la gestión sostenible de los recursos naturales.

Entre las últimas publicaciones científicas producidas por los círculos de investigación con el apoyo del LER, se destacan estudios como "Densificación de biomasa residual de caballerizas con alto contenido de cascarilla de arroz", publicado internamente, y el artículo científico "Tratamiento de efluentes de una granja porcina mediante bioceldas para la generación de bioelectricidad" (Cachay et al., 2022). Estos trabajos, realizados por alumnos

de pregrado de la UNALM con la orientación y el respaldo del LER, abordan temas relevantes en el ámbito de la energía renovable y la gestión ambiental.

Asimismo, el LER ha colaborado estrechamente con estudiantes en el desarrollo de sus tesis, lo que ha culminado en muchas publicaciones de investigaciones en diferentes áreas, como en el área de biochar que actualmente estamos investigando; "Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas" por Trujillo, E. et al. (2019) y "Estabilidad y calidad de biochar de residuos agroforestales de la UNALM" por Palacios, R. (2019). Estos estudios contribuyen al conocimiento científico sobre la producción y caracterización de biochar como enmendador de suelos, un importante subproducto de la biomasa que tiene aplicaciones en la agricultura y la gestión de residuos.

En la Figura 22 se muestra un análisis realizado a las muestras de biochar de la tesis Palacios en el Laboratorio de Energías Renovables, destacando la importancia de las investigaciones realizadas en este espacio para el avance científico y tecnológico en el campo de las energías renovables y la sostenibilidad ambiental.



**Figura 22: Pruebas de oxidación del biochar en el Laboratorio de Energías Renovables**

Nota: En la figura se aprecia la oxidación del carbón con  $K_2Cr_7O_2$  en color ámbar, mientras que en verde se aprecia su titulación con tiosulfato ferroso con indicador de difenilamina. Tomado de: "Estabilidad y calidad de biochar de residuos agroforestales de la UNALM".

FUENTE: Palacios (2019).

El LER promueve la participación estudiantil en conversatorios, concursos de investigación y otras iniciativas de interacción, que fomentan el intercambio de ideas y el trabajo colaborativo entre estudiantes de diferentes disciplinas. Estas actividades no solo fortalecen la formación académica de los participantes, también brindan la oportunidad de abordar problemas ambientales y agrícolas desde una perspectiva multidisciplinaria, utilizando recursos energéticos renovables y aplicando soluciones innovadoras.

Un ejemplo destacado de esta colaboración es el caso de un estudiante de ingeniería ambiental que participó en un workshop titulado "Producción de hidrógeno verde a partir de energía renovable en el Perú", realizado gracias a un convenio entre el LER y la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC). En este evento, el estudiante pudo recopilar información relevante sobre el contexto nacional e internacional en relación con la producción y aplicación del hidrógeno verde en diversos sectores, como la minería y la agricultura. Esta experiencia no solo amplió los horizontes del estudiante en términos de conocimiento y networking, sino que también contribuyó al desarrollo de capacidades de investigación y análisis en el campo de las energías renovables.

En resumen, la participación activa del LER en la formación académica de los estudiantes de pregrado no solo enriquece su experiencia educativa, sino que también les proporciona oportunidades para aplicar sus conocimientos en proyectos prácticos y colaborativos que abordan desafíos ambientales y agrícolas con un enfoque en la sostenibilidad y el uso de energías renovables.

#### **4.1.2. Contribución en investigaciones a nivel postgrado**

A nivel de postgrado, el Laboratorio de Energías Renovables (LER) proporciona un entorno propicio para la realización de actividades prácticas y de investigación en el marco de programas académicos avanzados, como el Doctorado en Ingeniería Ambiental. Por el suscrito, los recursos y facilidades del laboratorio están disponibles para que los estudiantes de postgrado lleven a cabo sus tesis y proyectos de investigación.

La colaboración del LER con estudiantes de postgrado tiene como objetivo fomentar la interacción y el intercambio de conocimientos entre los estudiantes de diferentes niveles

académicos, donde muchos están trabajando en empresas relacionadas al área ambiental. En este sentido, se alienta a los estudiantes de postgrado a compartir su experiencia y metodología de investigación con los estudiantes de pregrado, como parte de un esfuerzo por enriquecer la formación de ambos grupos y fomentar la motivación para emprender proyectos de investigación adicionales.

Esta interacción entre estudiantes de postgrado y pregrado en el contexto del LER no solo promueve la colaboración y el aprendizaje mutuo, y el acercamiento hacia la empresa, sino que también contribuye al fortalecimiento de la comunidad académica y al desarrollo de habilidades de investigación entre los estudiantes en todos los niveles de estudios. En última instancia, esta colaboración ayuda a promover una cultura de investigación y excelencia académica en el campo de las energías renovables y la ciencia ambiental en la UNALM.



**Figura 23: Presentación sobre la Caracterización de poda de Persea americana Mill**

Nota: La investigación está todavía en proceso y hasta el momento se ha determinado la metodología para la cuantificación y evaluación del potencial energético de los residuos agroforestales de la palta Hass. Esta investigación fue presentada en el IV Encuentro Internacional de la Red Iberomasa realizado en el auditorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina y colaboración de los círculos de investigación de pre grado (CIPB, CIERYEE y CIAC).

FUENTE: Tomado de “Caracterización de poda de cultivo de palto Hass (Persea americana Mill)”, por Arellano, A., 2023.

El apoyo brindado por el LER a los estudiantes de posgrado de la UNALM se materializa a través de un respaldo técnico y de recursos, en la medida de lo posible, para la realización de sus investigaciones. Este respaldo abarca desde la fase inicial de planificación hasta la culminación del proyecto. Como resultado de esta colaboración, muchas de estas investigaciones finalizan con la producción de publicaciones científicas, que pueden incluir tesis, artículos en revistas especializadas, presentaciones de pósteres en conferencias, entre otros formatos.

El compromiso del LER con el éxito académico y profesional de los estudiantes de posgrado se refleja en su apoyo continuo a la investigación científica y en su dedicación a proporcionar las herramientas y el ambiente propicio para el desarrollo de proyectos de alta calidad en el campo de las energías renovables y la sostenibilidad ambiental. Esta colaboración beneficia tanto a los estudiantes como a la institución, al fortalecer el conocimiento científico y contribuir al avance del campo de estudio.

## **4.2. Líneas de investigación del laboratorio de energías renovables**

### **4.2.1. Electrificación Rural, doméstica e interconectada**

La línea de investigación específica del Laboratorio de Energías Renovables (LER) se deriva de la línea más amplia de investigación denominada "Hidrología, hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático", tal como se establece en la Resolución FIA N° 230-19. Esta resolución promueve la realización de investigaciones dirigidas a utilizar energías renovables y mejorar la eficiencia energética en su uso y producción. Esta línea de investigación se complementa con otra área de investigación, "Ordenamiento territorial y manejo de cuencas", cuyo objetivo es generar conocimiento sobre el ordenamiento territorial y gestionar adecuadamente los recursos de manera sostenible.

La línea de investigación específica del LER, denominada "Electrificación rural, doméstica e interconectada", se centra en investigar el potencial energético de una localidad, especialmente en áreas rurales, y determinar la mejor alternativa para la instalación de sistemas de energía renovable, como fotovoltaica, eólica, hidráulica o termoeléctrica (basada en biomasa). El objetivo es proporcionar seguridad e independencia energética a las comunidades, teniendo en cuenta el contexto específico de cada lugar.

El desarrollo de esta línea de investigación ha tenido un impacto tangible en la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se han instalado módulos solares que permiten a los estudiantes acceder a la recarga de sus dispositivos móviles y realizar sus actividades académicas incluso durante la noche, al proporcionar iluminación en espacios oscuros dentro del campus universitario. Estos módulos solares, que actualmente son 45 distribuidos a lo largo de la universidad, se pueden observar en la figura 24, evidenciando el compromiso del LER en promover el uso de energías renovables y contribuir al desarrollo sostenible en la comunidad universitaria y más allá.



**Figura 24: Capacitación en operación de un módulo Fotovoltaico**

Nota: Cada módulo solar recibe mantenimiento del Laboratorio de Energías Renovables y recibe el monitoreo de la eficiencia de cada sistema.

#### **4.2.2. Bombeo solar de bajo caudal**

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en el sector agrícola representa una solución innovadora y sostenible para satisfacer las demandas energéticas de actividades clave como el riego y la distribución de agua en zonas rurales. Mediante conferencias y cursos teórico-prácticos, se ha promovido el uso de paneles solares monocristalinos para

alimentar bombas de agua sumergibles, tanto en sistemas de riego agrícola como en la provisión de agua para uso doméstico.

Estas iniciativas destacan el potencial de la tecnología fotovoltaica para abordar desafíos específicos del sector agrícola, ofreciendo una alternativa limpia y eficiente para la operación de sistemas de riego de baja presión y otras actividades relacionadas con la gestión del agua. Además de contribuir a la sustentabilidad ambiental, el uso de energía solar en la agricultura puede reducir los costos operativos y aumentar la resiliencia de las comunidades rurales frente a las fluctuaciones en el suministro eléctrico convencional.



**Figura 25: Curso de bombeo solar aplicado a la agricultura**

Nota: Esta figura es publicidad realizada para el desarrollo del curso de bombeo solar aplicado a la agricultura, enmarcado en el uso sostenible de los recursos.

FUENTE: Elaboración propia.

Actualmente se han llevado investigaciones sobre el bombeo solar, y se está gestando un proyecto de investigación con un enfoque integral que combine el sistema de bombeo solar con biomasa. El objetivo de este proyecto es proporcionar agua caliente a pequeñas comunidades o viviendas de manera sostenible y eficiente. En riego es importante, ya que en épocas de estiaje es donde más irradiación prevalece. También se han desarrollado labores de capacitación en dicha área (Ver Figura 25).

Este proyecto de investigación busca aprovechar las ventajas de ambos sistemas energéticos: el bombeo solar, que utiliza la energía del sol para extraer agua, y la biomasa, que puede utilizarse para generar calor. Al combinar estas tecnologías, se espera desarrollar un sistema

híbrido que garantice un suministro continuo de agua caliente, incluso en áreas donde el acceso a la energía convencional es limitado.

Este enfoque integrado refleja el compromiso del Laboratorio de Energías Renovables en explorar nuevas soluciones energéticas que sean tanto sostenibles como efectivas, contribuyendo así al desarrollo y bienestar de las comunidades locales.

#### **4.2.3. Cocinas y hornos solares**

Las cocinas y hornos solares son sistemas especialmente diseñados para su uso en comunidades que carecen de acceso a cocinas de gas o que buscan mejorar su calidad de vida al adoptar métodos de cocción más sostenibles. Estos sistemas representan una alternativa segura y limpia a los métodos tradicionales de cocción que implican la quema directa de biomasa (leña, bosta yareta etc.), provocando la deforestación, lavado y empobrecimiento de suelos, fomentando la escorrentía que eventualmente termina en huaycos, donde adicionalmente puede tener efectos perjudiciales para la salud y contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero.

El funcionamiento de las cocinas y hornos solares se basa en dos mecanismos principales: la captación de la radiación solar directa (parábolas), y el aislamiento térmico (efecto invernadero). Estos sistemas pueden adoptar diversas formas, pero todos ellos emplean materiales refractarios para concentrar la radiación solar en un punto focal específico, el cual está rodeado por un material aislante, como el aluminio, que retiene el calor generado.

Aunque estos sistemas solo funcionan durante las horas de sol, ofrecen importantes beneficios, como el ahorro de energía en forma de gas y electricidad. Al utilizar energía solar, contribuyen a reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales y a mitigar el impacto ambiental asociado con su uso. En la Figura 26 se pueden observar ejemplos de una cocina y un horno solar, que representan soluciones innovadoras y sostenibles para las necesidades de cocción en comunidades sin acceso a energía convencional.



**Figura 26: Cocina solar en práctica con los alumnos en comunidad de Yaurisque-Cusco**

Nota: Estos sistemas son usados en los cursos, talleres y clases del laboratorio, así como en investigaciones.

#### **4.2.4. Biomasa**

Esta línea de investigación, al igual que la primera mencionada, tiene como objetivo aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles, especialmente los residuos biomásicos sólidos y líquidos. En este sentido, se han llevado a cabo diversas actividades, como pasantías, cursos de especialización, congresos, simposios e investigaciones, centradas en el uso y gestión de la biomasa, de acuerdo con la misión y visión establecidas por LER y el Círculo de Investigación en Pirolisis y Biomasa (CIPB).

La implementación de esta línea de investigación ha dado lugar a varios proyectos, como nuestro proyecto piloto en la gestión de los aceites usados del comedor de la UNALM para su conversión en biodiesel (metilester), así como la puesta en marcha de una planta piloto de producción de este biocarburante de 250 lits/batch, que fue auspiciado por CONCYTEC (Ver Figura 29). Este proyecto permitió mover los primeros buses del Perú con mezclas hasta con un 30% con biodiesel. Este proyecto fue ganador de varios premios de Ecoeficiencia. Principalmente manejaba aceites comestibles residuales, que transformados en un biocarburante como Biodiesel permitía bajar emisiones de CO<sub>2</sub> hasta en un 60%, además de otros atributos, y principalmente evitar la dependencia del Diesel 2 que es más contaminante. La Figura 27 muestra la inauguración del primer biodiesel bus del Peru generado por este proyecto.



**Figura 27: Biodiesel Bus durante su inauguración, movido al 30% con Biodiesel. Biodiesel basado en los aceites comestibles usados del comedor universitario**

Además, se han establecido vínculos con organizaciones internacionales dedicadas a la investigación de la biomasa. En particular, el LER forma parte actualmente de la Red Iberomasa, una red dentro del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, 2024) (Ver Figura 28), que promueve la cooperación entre los países iberoamericanos en temas de ciencia, tecnología e innovación en el ámbito de la biomasa.



**Figura 28: IV Encuentro Internacional de la Red Iberomasa en la UNALM**

Nota: Esta actividad tuvo la participación de los miembros extranjeros y locales de la Red Iberomasa, dónde presentaron sus avances en investigación y prototipos desarrollados en su localidad y lo compartieron con los estudiantes invitados de la UNALM e inscritos a este evento.

Además, esta línea de investigación ha contribuido significativamente a aumentar la visibilidad del Laboratorio de Energías Renovables entre otras universidades y sectores. El CIPB cuenta entre sus miembros con estudiantes de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), entre otras. Además, cuenta con el respaldo de destacados docentes e investigadores, como la Dra. Mary Flor Cesare Coral, química de profesión, la Mg. Sc. Ana María Arellano Valz, ingeniera ambiental, y la Ing. Angela Castillo Hajar, ingeniera agrícola, entre otros, quienes aportan su experiencia y conocimientos al desarrollo de esta línea de investigación.

#### **4.2.5. Ambientes controlados**

El desarrollo de esta nueva línea de investigación tiene como objetivo principal aprovechar de manera eficiente los recursos naturales en un entorno controlado. Desde la utilización de fuentes de energía renovable para la generación de electricidad, hasta la aplicación de procesos termoquímicos en la conversión de residuos de invernadero en fertilizantes y otros productos útiles para la agricultura.

Esta línea de investigación está siendo liderada por el ingeniero Luis Nacarino, y actualmente se encuentra en proceso de desarrollo de un prototipo de invernadero inteligente con sistemas de riego y control automatizado para el cultivo de hortalizas. Este proyecto busca integrar tecnologías innovadoras que permitan maximizar la eficiencia en la producción agrícola, minimizando el impacto ambiental y optimizando el uso de recursos disponibles.

### **4.3. Proyectos y convenios vigentes con participación de los estudiantes**

#### **4.3.1. Planta de producción de biodiesel**

La planta de producción de biodiesel fue un proyecto financiado por CONCYTEC con el objetivo de promover la conciencia medioambiental y garantizar una alimentación saludable para los universitarios. El proyecto fue liderado por el suscrito, quien es el jefe del Laboratorio de Energías Renovables de la UNALM. En este proyecto se desarrollaron dos reactores capaces de procesar grasa animal, aceites vírgenes y aceites usados generados en el comedor universitario, transformándolos en biodiesel (Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y Tecnología, 2024).

El proyecto se llevó a cabo en tres fases. La primera fase consistió en la creación de un prototipo que podía procesar hasta 50 litros por lote de aceites usados. En la segunda fase, se construyó una planta piloto capaz de procesar hasta 240 litros por lote, lo que permitía producir una mayor cantidad de biodiesel para su uso en los autobuses universitarios al mezclarlo con diesel 2 convencional. En la tercera fase, se financió la implementación del Laboratorio de Energías Renovables para llevar a cabo pruebas de calidad del biodiesel.

Aunque el proyecto ha sido completado, la planta de producción de biodiesel continúa operando. Actualmente, la planta sirve para proyectos de investigación de los alumnos en el uso de diferentes insumos, calidad de aceites usados, procesos de producción, y evaluación de la calidad del biodiesel. También se está trabajando en la implementación de sistemas de gestión ambiental y salud ocupacional para garantizar el desarrollo adecuado de las actividades y convertir el laboratorio en un espacio de investigación para los estudiantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.



**Figura 29: Planta de producción de Biodiesel de 240 lits/batch. Esta planta fue auspiciada por CONCYTEC, y sirve actualmente para hacer diversas investigacion en este biocarburante**

#### 4.3.2. Módulos FV Off-Grid, y On-Grid en la FIA y en el campus UNALM

La instalación de los módulos de recarga fotovoltaicos tuvo lugar en diciembre del año 2021 como parte del Plan Estratégico para la Eficiencia Energética de la UNALM, dentro del campus universitario, donde actualmente se cuenta con 45 módulos, figura 30. El objetivo principal de esta iniciativa fue proporcionar a la comunidad universitaria de la UNALM un espacio para recargar sus dispositivos tecnológicos tanto durante el día como durante la noche. Además, se están llevando a cabo nuevos proyectos de instalaciones fotovoltaicas que, al igual que el proyecto mencionado anteriormente, ofrecen una fuente alternativa de energía para la carga de dispositivos eléctricos utilizados por los estudiantes de la UNALM.

Este proyecto fue gestionado por el suscrito en colaboración con la Oficina de Gestión Ambiental de la universidad. La instalación de estos módulos solares ha tenido un impacto significativo en la reducción de los costos de consumo energético.



**Figura 30: Módulos solares en el funcionamiento en el campus de la UNALM**

Nota: El sistema cuenta con 4 puertos USB, 6 tomas de corriente con una capacidad de 220 voltios y un sistema de iluminación que se enciende ante la ausencia de luz diurna.

FUENTE: Tomado de: UNALM instala paneles solares en su campus, por Gaceta Molinera, 2022.

Con el auspicio del MINEM se instaló un módulo Fotovoltaico de 3.2Kw interconectado el techo del edificio de la FIA con su respectiva estación meteorológica (Ver Figura 31). Resultados de este sistema piloto dieron una producción promedio de 4,000 kWh/año y se

evitó la emisión de 5.8 Tn de CO<sub>2</sub> al año. Este sistema permitió ahorrar un 32% del consumo de energía al edificio de la FIA.



**Figura 31: Sistema Fotovoltaico interconectado de 3.2 KW instalado en el techo del edificio de la FIA**

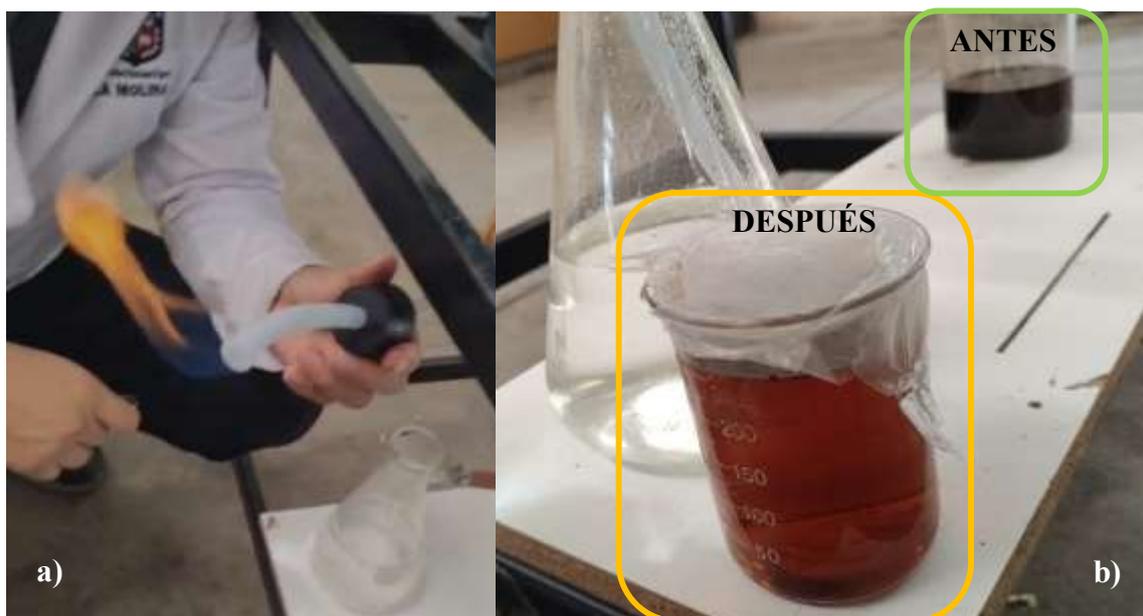
El desarrollo de estos sistemas fotovoltaicos no solo contribuye con el ambiente, sino que también mejora la ecoeficiencia de la UNALM. Esto representa una importante alternativa frente al constante aumento del costo ambiental y económico asociado al uso de combustibles fósiles. Al adoptar tecnologías de energía renovable como la solar fotovoltaica, la universidad reduce su dependencia de los combustibles fósiles, disminuye sus emisiones de gases de efecto invernadero y promueve un entorno más sostenible y ecológico. Además, al reducir los costos energéticos, estos sistemas fotovoltaicos también pueden generar ahorros económicos a largo plazo para la institución.

#### **4.3.3. Sistemas automatizados y aplicación de hidrógeno verde en la agricultura**

Actualmente, el Laboratorio de Energías Renovables está colaborando con la Universidad de Tecnología e Ingeniería (UTECH) a través del Dr. José Ramos Saravia en proyectos relacionados con la producción y el uso del hidrógeno verde mediante sistemas de cogeneración. Estas colaboraciones han comenzado con reuniones iniciales para intercambiar conocimientos sobre proyectos de energías renovables que se centran en la

generación de hidrógeno. Se están considerando dos alternativas principales: la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis utilizando sistemas fotovoltaicos, y la producción de gas de síntesis con alto contenido de hidrógeno en un horno pirolítico para valorizar residuos biomásicos. Dado que la segunda alternativa forma parte de un proyecto de investigación de un tesista del laboratorio y del Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa, se ha decidido priorizar esta opción. Los primeros resultados del prototipo desarrollado en el Laboratorio de Energías Renovables se muestran en la Figura 32.

La producción del gas de síntesis tendrá múltiples aplicaciones. Una parte del gas se utilizará para retroalimentar energía al horno pirolítico, mientras que el excedente se almacenará para su uso en motores Stirling. Estos motores Stirling estarán diseñados para impulsar bombas de agua que operan mediante un sistema de poleas para recolectar agua. Por otro lado, el líquido piroleñoso generado aún está siendo investigado debido a su composición variable. Se están explorando diversas posibilidades de uso, que van desde la producción de biocombustibles líquidos, mejoramiento de suelos, fertilizante foliar, hasta la creación de herbicidas u otros productos químicos útiles.



**Figura 32: Producción de gas de síntesis y líquido piroleñoso**

Nota: En las pruebas del prototipo de horno pirolítico se logró producir gas de síntesis y líquido piroleñoso a partir de residuos agroindustriales. Ahora se viene modificando el prototipo para mejorar la eficiencia del sistema. En a) se observa la combustión del gas de síntesis y en b) el líquido piroleñoso producido antes y después de una decantación.

FUENTE: Elaboración propia.

#### **4.3.4. Proyecto de Deshidratado y secado solar de diversos productos agrícolas**

El uso de sistemas que aprovechan la radiación solar, como los paneles solares y las cocinas solares, presenta beneficios significativos para el desarrollo de alternativas energéticas en el sector agrícola. Además de estos usos comunes, otra aplicación importante es la deshidratación de productos agrícolas, especialmente granos de volumen pequeño, como el ají, para convertirlo en paprika. Para este propósito, se está investigando en LER en diferentes sistemas de secado solar, donde se controla la temperatura del aire para el deshidratado adecuado de ciertos productos. Con estos sistemas se evita el tradicional secado al venteo donde el producto está expuesto al polvo y a los insectos. La humedad promueve la proliferación de hongos, aspergillus, que afectan la calidad del producto. Finalmente la radiación solar directa sobre el producto afecta el contenido de vitaminas de esta.

#### **4.4. Asesor de los círculos de investigación de estudiantes**

##### **4.4.1. Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa**

El Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa (CIPB) tiene como misión desarrollar proyectos de investigación relacionados con el aprovechamiento sostenible de los residuos biomásicos y sus derivados. Este círculo aborda la biomasa dentro de los Recursos Energéticos Renovables (RER), con la aspiración de convertirse en un referente de desarrollo en alternativas de aplicación en energías renovables, agricultura sostenible y sumideros de carbono. Su objetivo es incorporar proyectos de extensión social e iniciativas de desarrollo sostenible con biomasa a nivel industrial, urbano y rural.

El CIPB ha llevado a cabo diversas investigaciones a lo largo de los años y ha publicado su primer artículo científico titulado "Tratamiento de efluentes de una granja porcina mediante bioceldas para la generación de bioelectricidad" por Cachay et al. (2022). Además, ha realizado actividades de difusión en la UNALM para promover la investigación entre las diversas carreras profesionales y brindar un enfoque diferente al uso habitual de la biomasa.

Entre las investigaciones en curso del CIPB se encuentran proyectos en el sector energético, agrícola, ambiental y de materiales de construcción. Estos incluyen la producción de Syngas a partir de biomasa, la producción de biochar activado biológicamente, la producción de biochar dopado para la remediación de suelos degradados, y la producción de mortero integrado con biochar a diversas temperaturas, entre otros.

El CIPB cuenta con el apoyo del Laboratorio de Energías Renovables (LER) para gestionar sus investigaciones, documentarlas y difundirlas entre los estudiantes y entidades aliadas. Entre estas entidades aliadas se encuentran la Revista Allpa Wira - UNI, el Centro de Capacitación para el Desarrollo - CECADE, la Universidad Católica de Cuenca - Ecuador y la Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC.

Además, el CIPB ha organizado talleres informativos sin fines de lucro, reuniendo a especialistas en el campo de la biomasa y generando propuestas de alianzas e invitando a investigadores a conocer los avances en tecnología del laboratorio. La Unidad de Biomasa Energética (UBE) del LER, con su capacidad para analizar biomasa, biodiesel y otros materiales, ha permitido al CIPB desarrollar diversas investigaciones y a los tesisistas hacer uso de las instalaciones para la generación de tecnología. Esta colaboración respalda la importancia de los estudiantes y su relación con el asesor en un ambiente cálido y comprometido. Se puede observar el equipo del CIPB en la Figura 33.



**Figura 33: Equipo CIPB en un espacio de confraternidad y compromiso**

Nota: En la imagen a) se aprecia al equipo de investigación CIPB en el año 2018 y en la imagen b) es en el año 2023.

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.4.2. Círculo de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética**

El Círculo de Investigación en Energías Renovables y Eficiencia Energética (CIERYEE) tiene como misión promover la transición de la matriz energética peruana hacia las energías renovables, mediante la investigación, divulgación y el desarrollo de proyectos enmarcados en el compromiso de la responsabilidad social universitaria. Con miras a ser una de las principales organizaciones académicas que promueva y desarrolle proyectos de generación

de energía renovable y eficiencia energética en el Perú, ayudando a reducir la brecha de déficit energético, mitigación frente al cambio climático y lograr cumplir el Objetivo de Desarrollo Sostenible: Emisiones Netas Cero para el 2050.

El CIERYEE en su compromiso de difundir sobre las tecnologías para el aprovechamiento de RER como la eólica y solar fotovoltaica se presentó en la Feria de Círculos de Investigación de Ciencias, figura 34. También realizó una presentación general con el apoyo de sus asesores: Mg. Sc. Kenyi Glicerio Cavalcanti Cárdenas y por el suscrito, rescatando los proyectos realizados de módulos solares en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Así mismo, participando en actividades de difusión que realiza la facultad de ciencias llamado: Meteomartes. Donde expusieron: El Potencial y retos pendientes de la energía eólica en el Perú. Sin dejar de mencionar el evento internacional del cual estuvieron como parte de la logística en el desarrollo del webinar: “Energías renovables, una ruta segura a la sostenibilidad”. Así también se desarrollan actividades de difusión en colaboración con la Facultad de Ciencias sobre las aplicaciones de las energías renovables y su importancia para una transición energética como se muestra en la Figura 34.



**Figura 34: Presentación de CIERYEE ante la comunidad estudiantil de la UNALM**

Nota: El evento tuvo lugar en la Pirámide de la Universidad Nacional Agraria La Molina con el fin de difundir y concientizar sobre la problemática ambiental concerniente al uso de recursos fósiles y como, a través de una transición a las energías renovables se puede lograr un futuro sostenible y sustentable.

FUENTE: Elaboración propia.

#### **4.4.3. Círculo de Investigación en Ambientes Controlados**

El Círculo de Investigación de Ambientes Controlados (CIAC) tiene como misión principal desarrollar y promover la investigación tanto básica como aplicada, con el objetivo de contribuir a la expansión y consolidación del conocimiento en el campo científico. Su enfoque se centra en vincular las tecnologías actuales con conceptos tradicionales, especialmente en el marco del desarrollo sostenible de la agricultura familiar urbana. El CIAC aspira a ser reconocido como una entidad líder entre la comunidad estudiantil peruana debido a su destacado desempeño académico y su producción científica.

Entre las actividades del CIAC se encuentra el desarrollo de modelos a escala de sistemas de invernaderos automatizados, los cuales permiten monitorear y controlar el desarrollo de los cultivos en investigación. Estos modelos son fundamentales para comprender y optimizar el rendimiento de los cultivos en ambientes controlados.

El CIAC ha establecido una alianza estratégica con el Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa (CIPB), con el cual actualmente llevan a cabo una investigación conjunta. Esta colaboración permite el beneficio mutuo de ambas organizaciones al contribuir con recursos y conocimientos para desarrollar alternativas sostenibles en el cultivo agrícola en ambientes controlados con la máxima eficiencia posible.

#### **4.5. Tesis de investigación a nivel pre y post grado en los últimos 5 años**

El Laboratorio de Energías Renovables ha sido partícipe en apoyar a múltiples tesis de nivel pre y post grado. Dichas investigaciones están publicadas en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. A partir de ello, se mostrarán las investigaciones más resaltantes.

##### **4.5.1. Investigación pregrado**

La mayor parte de las investigaciones comenzaron a partir de la creación de LER, estas fueron relacionadas a temas de producción de Biodiesel, después se generaron tesis relacionadas al manejo y uso de residuos de la biomasa con fines energéticos, donde se destaca el uso de biochar y de biodigestores, y últimamente se desarrollaron investigaciones en evaluación de sistemas fotovoltaicos instalados en la UNALM.

A nivel de pregrado existen múltiples tesis, dentro de las que se pueden destacar en los últimos 2 años, la de "Estabilidad y calidad de biochar de residuos agroforestales de la UNALM", elaborada por Palacios, R. (2019), y la más reciente "Evaluación del potencial energético de la biomasa residual agrícola, forestal y pecuaria de la UNALM", elaborada por Castillo, A. (2022). Ambas investigaciones se centran en explorar el potencial de los residuos biomásicos de la UNALM con aplicaciones en agricultura. El suscrito fungió como asesor para ambas tesis.

#### **4.5.2. Investigación postgrado**

Las investigaciones de post grado han estado más relacionadas con Producción de Biodiesel; diseño, procesos, calidad, y rendimiento de diferentes insumos y residuos oleaginosos de origen vegetal y animal. También se desarrollaron investigaciones en gestión de las Energías Renovables. La investigación de postgrado más destacada fue la de "Biodiesel a partir de la grasa de pollo y sus efectos mecánicos y ambientales con un motor de combustión interna", elaborada por García, J. (2019). Esta tesis de maestría contó con el asesoramiento del suscrito.

Este estudio permitió evaluar la calidad del biodiesel producido a partir de la grasa de pollo en comparación con el diésel comercial. Se consideró la grasa saturada del pollo que es la que más afecta la salud humana. Los resultados revelaron que, aunque el poder calorífico del biodiesel de grasa de pollo es ligeramente inferior al del diésel comercial, su impacto ambiental es considerablemente menor. Se determinó que el biodiesel de grasa de pollo emite un 20% menos de CO<sub>2</sub> y un 10% menos de CO en comparación con el diésel convencional. Estos hallazgos resaltan el potencial del biodiesel derivado de la grasa de pollo como una alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente para el sector del transporte.

#### **4.6. Eventos nacionales e internacionales importantes**

##### **4.6.1. COBER I y II (Congreso de Biocombustibles y energías Renovables)**

En mi calidad de representante de la Universidad Nacional Agraria La Molina y del Laboratorio de Energías Renovables, desempeñé un papel destacado como parte de la comisión organizadora del I y II Congreso internacional sobre Biocombustibles y Energías Renovables (COBER). Estos eventos proporcionaron un espacio para compartir ponencias relacionadas con el uso sostenible de los recursos disponibles en el Perú y explorar diversas

facetas del potencial energético del país (COBER, 2007).

Como resultado de estos congresos, se compiló un libro que resume las ponencias presentadas y las investigaciones realizadas durante el evento. Este libro fue un hito de inicio para las RER en el Perú. Se convirtió en una importante referencia en el campo de los biocombustibles y las energías renovables, proporcionando un punto de partida para futuras investigaciones y colaboraciones en el ámbito energético en el Perú.

#### **4.6.2. Iberomasa: Objetivos, importancia y participantes**

La red Iberomasa es una iniciativa multidisciplinaria que reúne a investigadores, académicos de 11 países, empresas y representantes de diversos países hispanohablantes, con el objetivo de socializar la información y desarrollar proyectos para el uso sostenible de la biomasa en aplicaciones energéticas y agrícolas de interés. Este esfuerzo colaborativo cuenta con el respaldo del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, 2024).

El principal objetivo de la red Iberomasa es trabajar en el desarrollo, mejora y adaptación de tecnologías destinadas a la utilización eficiente de combustibles biomásicos sólidos, tanto en aplicaciones térmicas a nivel doméstico como industrial. Se especializa particularmente en áreas rurales o marginadas, con el propósito de promover el progreso sostenible, fomentar la equidad de género y preservar el medio ambiente en la región de Iberoamérica. (CYTED, 2024).

La relevancia de la red Iberomasa radica en su capacidad para generar conocimiento que pueda ser aplicado en comunidades rurales, sirviendo como guía para el desarrollo de proyectos que mejoren la calidad de vida de sus habitantes a través del uso responsable de la biomasa. Además, facilita la conexión entre las entidades participantes, lo que puede dar lugar a convenios, pasantías y colaboraciones tanto académicas como empresariales, beneficiando a estudiantes, instituciones educativas, empresas y comunidades por igual. (CYTED, 2024).

## **4.7. Cursos dictados extracurriculares**

### **4.7.1. Principios de la energía SFV, y sus aplicaciones en el sector agrícola**

Este curso extracurricular ofrece una visión completa de los fundamentos de la energía solar fotovoltaica y su aplicación específica en el ámbito agrícola. Los participantes exploran los principios básicos de la conversión de la luz solar en electricidad mediante celdas fotovoltaicas, así como los componentes esenciales de los sistemas fotovoltaicos. Se cubren temas relacionados con la instalación, mantenimiento y optimización de estos sistemas para satisfacer las necesidades energéticas de la agricultura.

Además, el curso examina las ventajas económicas y medioambientales de la energía solar en la agricultura, proporcionando conocimientos prácticos para la implementación exitosa de proyectos solares en entornos agrícolas. Se destacan los diversos usos agrícolas que pueden beneficiarse de las energías renovables, con un enfoque específico en la energía solar fotovoltaica.

Se abordan aplicaciones prácticas, como la alimentación de sistemas de riego, la electrificación de instalaciones agrícolas, el suministro de energía para equipos de procesamiento y almacenamiento de cultivos, así como la gestión eficiente de la climatización en invernaderos. Los participantes adquieren conocimientos específicos sobre cómo adaptar y optimizar la energía solar para satisfacer las demandas energéticas de diversas actividades agrícolas, fomentando así prácticas más sostenibles y económicamente viables en el sector.

### **4.7.2. Bombeo fotovoltaico en producción agrícola**

Este curso se enfoca en los principios y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica para el bombeo de agua en entornos agrícolas. Los participantes adquieren conocimientos detallados sobre el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de bombeo alimentados por energía solar, con énfasis en las necesidades hídricas del sector agrícola. Se abordan aspectos técnicos como la selección de equipos, la eficiencia del sistema y la gestión de la energía para optimizar el suministro de agua en diversas operaciones agrícolas.

El curso también examina casos de estudio y mejores prácticas relacionadas con el bombeo fotovoltaico, destacando su viabilidad económica, sostenibilidad y beneficios medioambientales. Se integra eficazmente la tecnología fotovoltaica en sistemas de irrigación, riego y suministro de agua para el ganado, lo que mejora la eficiencia y la rentabilidad de las prácticas agrícolas mediante el aprovechamiento de fuentes de energía renovable.

#### **4.7.3. Producción de biodiesel a pequeña escala**

El curso se centra en brindar una comprensión completa de los principios y prácticas involucradas en la fabricación de biodiesel a pequeña escala. Los participantes adquieren conocimientos sobre la selección adecuada de materias primas, los procesos de transesterificación, los catalizadores y las condiciones óptimas para una producción eficiente de biodiesel.

El curso aborda aspectos técnicos como la recolección y preparación de aceites vegetales o grasas animales, así como la manipulación segura de los productos químicos involucrados en el proceso. Además, se analizan temas relacionados con la purificación, el filtrado y la calidad del biodiesel producido.

Los participantes también se familiarizan con la implementación de prácticas sostenibles, la optimización de recursos y las consideraciones económicas para la producción de biodiesel a pequeña escala. El curso incluye información sobre regulaciones y estándares pertinentes, así como casos de estudio que ilustran ejemplos exitosos de producción de biodiesel a nivel local e internacional. Además, los participantes tienen la oportunidad de realizar prácticas en la producción de biodiesel, lo que les permite analizar su calidad y probarlo en un motor de combustión interna para una comprensión más completa del proceso y sus aplicaciones.

#### **4.7.4. Potencial de la biomasa para usos energéticos en Perú**

Este curso-taller virtual fue parte de un evento organizado por el Círculo de Investigación en Pirólisis y Biomasa (CIPB) en el contexto de la pandemia, con el objetivo de explorar las oportunidades y desafíos asociados con el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía en el contexto peruano, figura 35. Los participantes obtuvieron una comprensión

profunda del panorama de la biomasa en el país, examinando las fuentes disponibles, como residuos agrícolas, forestales y urbanos con una composición considerable de material orgánico.

El curso abordó aspectos técnicos de la conversión de biomasa en energía, incluyendo procesos de combustión, gasificación y producción de biogás. Se destacó la importancia de la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos para maximizar los beneficios ambientales y económicos.

Además, se analizaron políticas y regulaciones relevantes en Perú, así como oportunidades de financiamiento para proyectos de energía de biomasa. Los participantes también exploraron estudios de caso específicos en el país, evidenciando aplicaciones exitosas y lecciones aprendidas. El objetivo fue equipar a los participantes con conocimientos prácticos para evaluar, planificar e implementar proyectos de biomasa para usos energéticos en el contexto peruano.



**Figura 35: Publicidad del curso-taller virtual sobre el potencial de la biomasa en el Perú**

Nota: El desarrollo de este curso fue impartido a la comunidad estudiantil de la UNALM, sin embargo, también tuvo participación de diversos asistentes internacionales, la mayoría miembros de la red Iberomasa.

FUENTE: Elaboración propia.

## V. CONCLUSIONES

- El Laboratorio de Energías Renovables de la UNALM ha contribuido al logro de las competencias generales del perfil de egreso del estudiante de Ingeniería Agrícola permitiendo que los estudiantes valoren la importancia del trabajo en equipo para integrarse y participar de forma efectiva en equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios (Competencia general 01).
- El LER ha sido un impulsor en la creación de nuevos cursos curriculares, un total de 6, y programas de extensión y eventos, tanto a nivel nacional como internacional. Estos cursos y eventos han permitido a los estudiantes y profesionales del sector agrícola adquirir conocimientos actualizados sobre el uso y aplicación de los RER, así como establecer contactos y colaboraciones con expertos en el campo.
- El LER ha contribuido significativamente en preparar a los alumnos para enfrentar la crisis ambiental y energética, brindándoles conocimientos sobre cómo utilizar los recursos renovables y limpios en la agricultura. Esto les proporciona herramientas para implementar prácticas más sostenibles y reducir el impacto ambiental de las actividades agrícolas.
- En esa línea, los estudiantes lograron identificar los impactos que tiene el conocimiento y la práctica de su futura profesión para contribuir en la solución de las necesidades de la sociedad, considerando la importancia de la preservación y mejora del medio ambiente (Competencia general 04)

- El LER ha demostrado ser un actor clave en la promoción de los RER como alternativa energética renovable y limpia. A través de cursos, investigaciones, talleres y eventos, los alumnos han podido comprender la relevancia de estas fuentes de energía en la mitigación de la crisis ambiental y energética, así como en la transición hacia un modelo más sostenible.
- El LER ha promovido activamente la investigación en recursos energéticos naturales como la energía solar, eólica, biomasa y otros emergentes. Esto se ha logrado mediante la realización de proyectos de investigación, la publicación de resultados y la participación en redes de colaboración nacional e internacional, especialmente la última como la red Iberomasa.
- En ese sentido, los alumnos han adquirido conocimientos en la formulación de proyectos en ingeniería para el desarrollo de infraestructura productiva y social; aprovechamiento y uso eficiente de las energías (Competencia específica 01)

En resumen, el Laboratorio de Energías Renovables ha desempeñado un papel fundamental en la formación futura de los estudiantes de ingeniería agrícola, proporcionándoles los conocimientos, habilidades y oportunidades necesarios para contribuir de manera significativa a la adopción de prácticas más sostenibles y al desarrollo de soluciones innovadoras en el sector agrícola en el contexto de la crisis ambiental y energética actual.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- La UNALM tiene que tomar un rol más activo en fomentar las investigaciones con más recursos económicos en equipos y otros. Apoyar no solo las investigaciones de los profesores sino de los alumnos.
- Difundir más las investigaciones, no solo a través de los repositorios, sino de revistas, la web, y premiar a las tesis más destacadas. Por ejemplo, durante la revisión bibliográfica de las tesis desarrolladas en el Laboratorio de Energías Renovables (LER), se utilizó el repositorio institucional de la UNALM como fuente primaria de información. Sin embargo, se encontraron limitaciones significativas en este repositorio en comparación con plataformas como Science Direct.
- En particular, la falta de opciones de descarga de la base de datos dificultó el proceso de búsqueda y análisis, lo que representó un obstáculo para la segregación efectiva de los temas de investigación entre los niveles de pregrado y posgrado. Se recomienda sugerir a los responsables del repositorio institucional para que consideren actualizar su motor de búsqueda y mejorar la accesibilidad y funcionalidad de la plataforma.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y Tecnología. (2024). *La Universidad Agraria La Molina produce biodiesel de la grasa del pollo y cuy*. Recuperado de <https://www.dicyt.com/noticias/la-universidad-agraria-la-molina-produce-biodiesel-de-la-grasa-del-pollo-y-cuy>
- Ali, R.M., Elkatory, M.R. y Hamad, H.A. (2020). CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, altamente activo y estable, magnéticamente reciclable, como catalizador heterogéneo para la conversión eficiente de aceite de freír usado en biodiesel. *Combustible*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117297>
- Arauzo, J., Bimbela, F., Ábrego, J., Sánchez, J. y Gonzalo, A. (2014). Introducción a las tecnologías de aprovechamiento de biomasa. *Grupo Español Carbón*, 33, 3.
- Archana, K., Viskram, A. S., Senthil Kumar, P., Manikandan, S., Saravanan, A. & Natrayan, L. (2024). A review on recent technological breakthroughs in anaerobic digestion of organic biowaste for biogas generation: Challenges towards sustainable development goals. *Fuel*, 358(Part B), 130298. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130298>.
- Arteaga-Pérez, LE, Flores, M., Escobar, M., Segura, C. y Gordon, A. (2015). Análisis comparativo de la torrefacción húmeda y seca de *Pinus radiata*. *Energética*, (46), 5-12. <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147043932002.pdf>
- Azman, S., Khadem, A. F., Plugge, C. M., Stams, A. J., Bec, S. & Zeeman, G. (2017). Effect of humic acid on anaerobic digestion of cellulose and xylan in completely stirred tank reactors: inhibitory effect, mitigation of the inhibition and the dynamics of the microbial communities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 889-901. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8010-x>
- Babalık, A., Bakırcı, N., Taylan, M., Bosta, L., Kızıldağ, S., Başbuğ, Y. & Çalışır, H.C. (2013). Biomass smoke exposure as a serious health hazard for women. *Tuberk Toraks*, 61(2), 115-21. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23875589/>
- Bahaj, A.S. & Myers, L.E. (2003). Fundamentals applicable to the utilisation of marine current turbines for energy production. *Renewable Energy*, 28(14), 2205-2211. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00103-4](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00103-4)

- Barrera Hernández, J.C., Ramírez Contreras, N.E. y García Núñez, J.A. (2018). Combustión de biomasa: conceptos, tecnologías y aplicaciones en la agroindustria de la palma de aceite. *Palmas*, 39(4), 24–44. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12709>
- Bartocci, P., D'Amico, M., Moriconi, N., Bidini, G. & Fantozzi, F. (2015). Pyrolysis of Olive Stone for Energy Purposes. *Energy Procedia*, 82, 374-380. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.808>.
- Bates, R.B. & Ghoniem, A.F. (2012). Biomass torrefaction: modeling of volatile and solid product evolution kinetics. *Bioresource technology*, 124, 460–9.
- Becker, C. (2011). *Ética de la sostenibilidad e investigación en sostenibilidad*. Medios de Ciencia y negocios de Springer.
- Behl, M., Thakar, S., Ghai, H., Sakhuja, D. & Bhatt, A.K. (2023). *Fundamentals of fermentation technology*. In A. K. Bhatt, R. K. Bhatia, & T. C. Bhalla (Eds.), *Basic Biotechniques for Bioprocess and Bioentrepreneurship* (p. 313-328). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816109-8.00021-0>.
- Bekhradinassab, E., Tavakoli, A., Haghghi, M. & Shabani, M. (2022). Catalytic biofuel production over 3D macro-structured cheese-like Mn-promoted TiO<sub>2</sub> isotype: Mn-catalyzed microwave-combustion design. *Energy Conversion and Management*, 251, 114916. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114916>
- Bombino, E. y Pineda E. (2017). Simulación del secado neumático de biomasa con movimiento en espiral ascendente. *Ingeniería Mecánica*, 20(3), 107-114. <https://www.redalyc.org/journal/2251/225159047001/html/#:~:text=Uno%20de%20los%20m%C3%A9todos%20m%C3%A1s,y%20los%20rotatorios%2C%20Nawshad%20H>
- Bustamante, H. (2013). Matriz Energética en el Perú y Energías Renovables. Capítulo VIII. Barreras para el desarrollo de la bioenergía. Fundación Friedrich Ebert. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/10183.pdf>
- Cachay, J., Vargas, D. y Leyva, B. (2022). Tratamiento de efluentes de una granja porcina mediante bioceldas para la generación de bioelectricidad. *Agroindustrial Science*, 12(1), 59 – 64. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.07>
- Calle, J., Coello, J. y Castro, P. (2003). Opciones para la producción de biodiesel en el Perú. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Calle/publication/280722941\\_Calle\\_et\\_al\\_-](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Calle/publication/280722941_Calle_et_al_-)

[\\_Opciones produccion biodiesel Peru/links/55c2feab08aeb975673e4f5a/Calle-et-al-Opciones-produccion-biodiesel-Peru.pdf](#)

- Cardozo, A. (2014). *Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- Castillo, A. (2022). *Evaluación del potencial energético de la biomasa residual agrícola, forestal y pecuaria de la UNALM* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Chodos, A., Ouellette, J. & Tretkoff, E. (2009). This month in physics history. *American Physical Society News*, 18(4), 5-7.
- COBER. (2007). *I Congreso sobre Biocombustibles y Energías Renovables*. Recuperado de <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/NDI5.pdf>
- CYTED. (2024). *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Recuperado de <https://www.cyted.org/>
- Deloitte. (2021). Hoja de Ruta de Transición Energética hacia un Perú sin emisiones 2030 - 2050. Recuperado de <https://www.enel.pe/content/dam/enel-pe/sostenibilidad/hoja-de-ruta-de-transicion-energetica/2022/Presentaci%C3%B3n%20Resultados%20Finales%20Tercer%20Trimestre%20Hoja%20de%20Ruta%2013092022%20FINAL.pdf>
- Demichelis, F., Tommasi, T., Deorsola, F.A., Marchisio, D. & Fino, D. (2022). Effect of inoculum origin and substrate-inoculum ratio to enhance the anaerobic digestion of organic fraction municipal solid waste (OFMSW). *Journal of Cleaner Production*, 351, 131539. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131539>.
- Demirbaç, A. y Demirbaç, M.F. (2010). Biomass and Wastes: Upgrading Alternative Fuels. *Energy Sources*, 25, 37-41.
- Donoso-Bravo, A., Bandara, W.M.K.R.T.W., Satoh, H. & Ruiz-Filippi, G. (2013). Explicit temperature-based model for anaerobic digestion: Application in domestic wastewater treatment in a UASB reactor. *Bioresource technology*, 133, 437-442. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.174>.
- ENEL. (s.f.). *Parque Eólicos*. Recuperado de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-eolica/parque-eolico>.
- Enerdata. (2023). *Energía y clima mundial – Anuario estadístico 2023*. Recuperado de <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html>

- Engel, D. (2018). *Energy transition outlook 2018 - Power supply and use, Forecast to 2050*. Recovered from [https://elperiodicodelaenergia.com/wp-content/uploads/2018/09/ETO\\_Power-Supply-and-Use\\_210818\\_low-res2-compressed-002.pdf](https://elperiodicodelaenergia.com/wp-content/uploads/2018/09/ETO_Power-Supply-and-Use_210818_low-res2-compressed-002.pdf)
- EPEC (s.f.). *Energía renovable: la biomasa*. Recuperado de <https://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/biomasa.pdf>
- European Biogas Association. (2023). *An EU binding biomethane target in the Gas Regulation is critical to support strategic energy autonomy and climate objectives*. Recovered from <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2023/01/Joint-Statement-Biomethane-target-20230131-Final.pdf>
- Fernández, B.S. (2022). *Energías renovables no convencionales (ERNC) en Perú*. Oficina Económica y comercial de la Embajada de España en Lima. Recuperado de [https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/065/documentos/2022/12/otros-documentos/OD\\_Energ%C3%ADas%20renovables%20no%20convencionales%20en%20Per%C3%BA%202022\\_REV.pdf](https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/065/documentos/2022/12/otros-documentos/OD_Energ%C3%ADas%20renovables%20no%20convencionales%20en%20Per%C3%BA%202022_REV.pdf)
- Fu, Q., Liu, L. & Wang, H., (2023). Role of fossil fuels resources on high-quality economic development: Evidence from China. *Resources Policy*, 86(B). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104126>.
- Fu, Y., Luo, T., Mei, Z., Li, J., Qiu, K. & Ge, Y. (2018). Dry anaerobic digestion technologies for agricultural straw and acceptability in China. *Sustainability*, 10(12), 4588. <https://doi.org/10.3390/su10124588>
- García, J. (2019). *Biodiesel a partir de la grasa de pollo y sus efectos mecánicos y ambientales con un motor de combustión interna* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- García, O. y Pilatowski, I. (2017). *Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. Instituto de Energías Renovables, UNAM. ISBN: 978-607-02-9005-3.
- Generadoras de Chile. (2021). *Energía Eólica*. Recuperado de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-eolica/parque-eolico>.
- Guerrero, M.A. (2017). *Estudio de la descomposición térmica de residuos agrícolas de cultivo del banano* (Tesis de pregrado). Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España. <https://zaguan.unizar.es/record/69913/files/TAZ-TFG-2017-4422.pdf>

- Gupta, A.R. & Rathod, V.K. (2020). Biodiesel synthesis from palm fatty acid distillate using enzyme immobilized on magnetic nanoparticles. *SN Applied Sciences*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03338-1>
- Gray, A. y Wallace, G.A. (1960). *Electrotécnia. Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. Madrid, España: Aguilar.
- Hasselman, J. & Erickson, P. (2023). Environmental review of fossil fuels projects—Principles for applying a “climate test” in the United States. *Energy Research & Social Science*, 103, 103226. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103226>
- He, W., Kim, S., Wasko, C., Sharma, A. (2022). A global assessment of change in flood volume with surface air temperature. *Advances in Water Resources*, 165, 104241. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2022.104241>.
- Iglesias, R., Muñoz, R. Polanco, M., Díaz, I., Susmozas, A., Moreno, A. D., Guirado, M., Carreras, N. y Ballesteros, M. (2021). Biogás procedente de la digestión anaeróbica como vector energético: desarrollo de modernización actual. *Energías*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/en14102742>
- IPCC. (2023). *Climate change 2023 - Synthesis Report*. Geneva, Switzerland, p. 184. Recovered from [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_FullVolume.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf)
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FrontMatter.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FrontMatter.pdf).
- IRENA. (2018). *Renewable power generation costs in 2018*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recovered from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf?rev=7a3b6ab611bd41ab9ec399d2e70eaa31](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf?rev=7a3b6ab611bd41ab9ec399d2e70eaa31).
- IRENA. (2019). *El futuro de la energía solar fotovoltaica: Despliegue, inversión, tecnología, integración en la red y aspectos socioeconómicos* (Resumen ejecutivo).

- Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi. ISBN 978-92-9260-156-0.
- IRENA. (2020). *Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050 (Perspectivas mundiales de las energías renovables: transformación energética de aquí a 2050)*. Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), Abu Dabi. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_summary\\_2019\\_ES.pdf?la=en&hash=DE82F7DC53286F720D8E534A2142C2B8D510FB0B](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_summary_2019_ES.pdf?la=en&hash=DE82F7DC53286F720D8E534A2142C2B8D510FB0B).
- IRENA. (2022), *Renewable Energy Statistics 2022*. The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recovered from [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2022.pdf?rev=460f190dea15442eba8373d9625341ae](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2022.pdf?rev=460f190dea15442eba8373d9625341ae).
- Jamradloedluk, J. & Lertsatitthanakorn, C. (2015). Properties of Densified-Refused Fuel using glycerin as a binder. *Procedia Engineering* 100, 505-510. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.397>
- Jarboe, L.R. (2022). *Progress and challenges for microbial fermentation processes within the biorefinery context*. In N. Thongchul, A. Kokossis, & S. Assabumrungrat (Eds.), *A-Z of Biorefinery* (pp. 447-471). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819248-1.00019-1>.
- Kengen, S.W., Goorissen, H.P., Verhaart, M., van Niel, E., Claassen, P. & Stams, A. (2009). *Biological hydrogen production by anaerobic microorganisms*. Biofuels; John Wiley Sons: Hoboken, NJ, USA. DOI: 10.1002/9780470754108
- Khare, V. & Bhuiyan, M.A. (2022). Tidal energy-path towards sustainable energy: A technical review. *Cleaner Energy Systems*, 3(100041). <https://doi.org/10.1016/j.cles.2022.100041>
- Knezevic, D., van Swaaij, W. y Kersten, S. (2009). Conversión hidrotermal de biomasa: I, conversión de glucosa en agua caliente comprimida. *Investigación en química industrial y de ingeniería*, 48 (10), 4731-4743. <https://doi.org/10.1021/ie801387v>
- Kumari, N., Sanjay Kumar Singh, S. & Kumar, S. (2022). A comparative study of different materials used for solar photovoltaics technology. *Materials Today: Proceedings*, 66(8), 3522-3528. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.403>.

- Li, G. & Zhu, W. (2023). Tidal current energy harvesting technologies: A review of current status and life cycle assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 179(113269). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113269>
- Li, J., Hao, X., van Loosdrecht, M. C., Luo, Y. & Cao, D. (2019). Effect of humic acids on batch anaerobic digestion of excess sludge. *Water research*, 155, 431-443. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.009>
- Li, S., Song, H., Hu, J., Yang, H., Zou, J., Zhu, Y., ... y Chen, H. (2021). Gasificación con CO<sub>2</sub> de biomasa de paja y su correlación con las características de la materia prima. *Combustible*, 297, 120780. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120780>
- Lin, L., Xu, F., Ge, X. y Li, Y. (2018). Mejorar la sostenibilidad de las prácticas de gestión de residuos orgánicos en el nexo entre alimentos, energía y agua: una revisión comparativa de la digestión anaeróbica y el compostaje. *Reseñas de energías renovables y sostenibles*, 89, 151-167. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.025>
- Liu, B., Liao, S., Lund, J. R., Jin, X. & Cheng, C. (2023). Economically optima hidroelectricidad desarrollo con incierto cambio climático. *Journal of Hydrology*, 627(A). <https://doi.org/10.1016/j.jhidrol.2023.130383>.
- Longo, S., Cellura, M., Luu, L.Q., Nguyen, T.Q., Rincione, R. & Guarino, F. (2023). Circular economy and life cycle thinking applied to the biomass supply chain: A review. *Renewable Energy*, 119598. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119598>
- López González, L.M., Pereda Reyes, I., Escobar Román, R., Pedraza Garciga, J. & Romero Romero, O. (2018). Efecto de la aplicación de métodos de pre-tratamientos en el proceso de digestión anaerobia de la biomasa lignocelulósica. *Tecnología Química*, 38(2), 324-334. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852018000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200010)
- Loy, A.C.M., Yusup, S., Chin, B.L.F., Gan, D.K.W., Shahbaz, M., Acda, M.N., Unrean, P. & Rianawati, E. (2018). Comparative study of in-situ catalytic pyrolysis of rice husk for syngas production: Kinetics modelling and product gas analysis. *Journal of Cleaner Production*, 197(1), 1231-1243. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.245>.
- Lucas, A. y Peso C. (2012). *Biomasa, Biocombustibles y sostenibilidad, capítulo 1: Materias Primas*. Recuperado de <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

- Lv, Y., Chang, N., Li, Y.Y. & Liu, J. (2021). Anaerobic co-digestion of food waste with municipal solid waste leachate: A review and prospective application with more benefits. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105832>
- Lyard, F. H., Allain, D. J., Cancet, M., Carrère, L. & Picot, N. (2021). FES2014 global ocean tide atlas: Design and performance. *Ocean Science*, 17(3), 615-649. <https://doi.org/10.5194/os-17-615-2021>
- Ma, Z., Wang, R., Song, G., Zhang, K., Zhao, Z. & Wang, J. (2024). Interpretable ensemble prediction for anaerobic digestion performance of hydrothermal carbonization wastewater. *Science of The Total Environment*, 908, 168279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168279>.
- Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M. & Raza, A. (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*, 10, 344-359. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.032>.
- Mannarino, G., Sarrion, A., Diaz, E., Gori, R., De la Rubia, M. A. & Mohedano, A.F. (2022). Improved energy recovery from food waste through hydrothermal carbonization and anaerobic digestion. *Waste Management*, 142, 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.003>
- Matamba, T., Tahmasebi, A., Yu, J., Keshavarz, A., Abid, H. R. & Iglauer, S. (2023). A review on biomass as a substitute energy source: Polygeneration influence and hydrogen rich gas formation via pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 175, 106221. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2023.106221>.
- Mawlid, O.A., Abdelhady, H.H., y El-Deab, M.S. (2022). Boosted biodiesel production from waste cooking oil using novel SrO/MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic nanocatalyst at low temperature: Optimization process. *Energy Conversion and Management*, 273, 116435. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116435>
- Mesery, H. y Khawaga, S. (2022). Drying process on biomass: Evaluation of the drying performance and energy analysis of different dryers. *Case Studies in Thermal Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101953>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2022). *Balance Nacional de Energía 2022*. Dirección General de Eficiencia Energética – Área de planeamiento Energético.

- Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2021). *Balance Nacional de Energía*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4673983/PLAN%20NACIONAL%20DE%20ENERG%C3%8DA%202021.pdf?v=1686599146>
- Mordor Intelligence. (2022). *Análisis del tamaño y la participación del mercado de energía hidroeléctrica pequeña tendencias y pronósticos de crecimiento (2023 - 2028)*. Recuperado de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/small-hydropower-market>
- Mustafa, S., Long, Y. y Rana, S. (2023). Role of domestic renewable energy plants in combating energy deficiency in developing countries. End-user perspective. *Energy Reports*. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.370>.
- Nasrullah, M., Hurme, M., Oinas, P., Hannula, J. & Vainikka, P. (2017). Influence of input waste feedstock on solid recovered fuel production in a mechanical treatment plant. *Fuel Processing Technology* 163:35-44. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.011>
- National Renewable Energy Laboratory. (2008). *Biorefinerías para la producción de biocombustibles de segunda generación*. Conceptual Biorefinery, Recuperado de <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinery.html>.
- Nunez, C. (SA). *Explicación de que son los combustibles fósiles*. National Geographic. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-foviles>
- Oyekunle, D.T., Barasa, M., Gendy, E.A., Tiong, S.K. (2023). Heterogeneous catalytic transesterification for biodiesel production: Feedstock properties, catalysts and process parameters. *Process Safety and Environmental Protection*, 177, 844-867. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.064>.
- Oyekunle, D.T., Barasa, M., Gendy, E.A. & Tiong, S.K. (2023). Heterogeneous catalytic transesterification for biodiesel production: Feedstock properties, catalysts and process parameters. *Process Safety and Environmental Protection*, 177, 844-867. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.064>.
- Ozan, O. (2023). World energy outlook and state of renewable energy: 10-Year evaluation. *Innovation and Green Development*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100070>.
- Palacios, R. (2019). *Estabilidad y calidad de biochar de residuos agroforestales de la UNALM* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Pata, U.K., Erdogan, S. & Ozkan, O. (2023). Is reducing fossil fuel intensity important for environmental management and ensuring ecological efficiency in China?. *Journal of*

- Environmental Management*, 329, 117080.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117080>.
- Pimentel, D. y Pimentel, M. (2005). El uso de la energía en la agricultura una visión general. *Leisa Revista Agroecológica*, 21(1).  
<https://www.agro.uba.ar/users/martinez/Pimentel.pdf>
- PNUD. (2002). *Manual sobre energía renovables – BIOMASA. Users Network (BUN-CA)*. Recuperado de [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/\\$FILE/Manuales\\_sobre\\_energ%C3%ADa\\_renovableBIOMASA.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/5EA2E564AF6F41D405257CC1005B2354/$FILE/Manuales_sobre_energ%C3%ADa_renovableBIOMASA.pdf)
- PNUD. (2022). *Observatorio de Energía y Desarrollo Sustentable, Monitor Hidrógeno Verde*. Universidad Católica del Uruguay. Recuperado de <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/uy/undp-uy-Monitor-Hidrogeno-Verde-2022.pdf>
- Posso, F. (2000). Energía y ambiente: Pasado, presente y futuro Parte uno: Sistema Energético Basado en Fuentes Fósiles. *Geoenseñanza*, 5(2), 197-228.  
<https://www.redalyc.org/pdf/360/36050204.pdf>
- Puerta, G.I. (2010). *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café*. Avances técnicos Cenicafé, 402. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>
- Rey, D. (05 de octubre de 2023). *Qué tiene que ver Colombia con la crisis energética en Ecuador: gremios advierten posible desabastecimiento*. Infobae. Recuperado de <https://www.infobae.com/colombia/2023/10/05/varios-apagones-en-ecuador-serian-responsabilidad-de-colombia-por-que-hay-fallas-en-el-servicio-de-energia/>.
- Ruiz, M. (2023). El mercado eléctrico para clientes libres en el Perú. *Moneda*, (193), 51-55.  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-193/moneda-193-08.pdf>
- Sada-Ovalle, I., Ocaña-Guzmán, R. y Torre-Bouscoulet, L. (2015). Humo de biomasa, inmunidad innata y Mycobacterium tuberculosis. *Neumología y cirugía de tórax*, 74 (2), 118-126. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0028-37462015000200007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462015000200007)
- Sadhvani, N., Adhikari, S., Eden, M.R., y Li, P. (2018). Aspen plus simulation to predict steady state performance of biomass-CO2 gasification in a fluidized bed gasifier.

- Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12(3), 379-389.  
<https://doi.org/10.1002/bbb.1846>
- Salaet, F. y Roca, J. (2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de co2: algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19 (1), 1-19. <https://www.redalyc.org/pdf/391/39113124001.pdf>.
- Santacruz Granados, L.M., Martínez Paz, S.A., Sierra Delgado, A.J., Velázquez Contreras, M.P., Parkins Ortega, M.Y. y Rodríguez Alejandro, D.A. (2015). Diseño de un prototipo experimental de torrefacción solar para producción de biocombustibles sólidos. *XXVII Verano de la Ciencia UG*, 16(44).  
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3548/3044>
- Sarvaramini, A., Assima, G.P. & Larachi, F. (2013). Dry torrefaction of biomass – Torrefied products and torrefaction kinetics using the distributed activation energy model. *Chemical Engineering Journal*, 229, 498–507.
- Schelegel, H.G. (1996). *Microbiología general*. Omega, p. 448.
- Schmerler, D., Velarde, J., Rodríguez, A. y Solís, B. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Osinergmin. Lima, Perú.
- Secretaría de Energía. (2008). *Energías Renovables 2008 - Energía Biomasa*. Recuperado de  
[https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_biomas.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomas.pdf)
- Sevilla, M. & Fuertes, A.B. (2009). The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose. *Carbon*, 47(9), 2281-2289.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2009.04.026>
- Shahabuddin, M. & Bhattacharya, S. (2021). Co-Gasification Characteristics of Coal and Biomass Using CO2 Reactant under Thermodynamic Equilibrium Modelling. *Energies*, 14(21), 7384. <https://doi.org/10.3390/es14217384>
- Situmorang, Y.A., Zhao, Z., Yoshida, A., Abudula, A. & Guan, G. (2020). Small-scale biomass gasification systems for power generation (< 200 kW class): A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 117, 109486.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109486>

- Sosa, L. y Bielsa, R. (2023). Análisis experimental de la producción de combustible sólido recuperado en briquetas. *X Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9094829>
- Sosa, S.V., Galvan, S.L., Lusich, S.M. & Bielsa, R.O. (2021). Use of Solid Recovered Fuels to Address Energy and Environmental Problems in Argentina, en: M. Asif (ed.), *Energy and Environmental Security in Developing Countries. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications*, Springer, Cham, pp. 331-351. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63654-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63654-8_13)
- Sriram, S., Wong, J.W.C. & Pradhan, N. (2022). Recent advances in electro-fermentation technology: A novel approach towards balanced fermentation. *Bioresource Technology*, 360, 127637. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127637>.
- Trujillo, E., Valencia, C.E., Alegría, C., Sotelo, A. y Césare, M. (2019). Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(4), 489-504. <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.262>
- Van Beek, L., Hajer, M., Pelzer, P., van Vuuren, D. & Cassen, C. (2020). Anticipating futures through models: the rise of Integrated Assessment Modelling in the climate science-policy interface since 1970. *Global Environmental Change*, 65, 102191. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102191>
- Velázquez, M. (2018). *Aprovechamiento de la biomasa para uso energético* (2da ed.). Editorial Reverté.
- Villagrasa, D. (2022). *Hidrógeno verde: criterios de éxito para su comercio y producción sustentable. UNA SÍNTESIS BASADA EN CONSULTAS EN ÁFRICA Y AMÉRICA LATINA*. Fundación Heinrich Böll y Bread for the World. Recuperado de <https://cl.boell.org/sites/default/files/2023-03/hidrogeno-verde.-criterios-de-exito.pdf>
- Wang, T., Li, Y., Zhang, J., Zhao, J., Liu, Y., Sun, L., Liu, B., Maa, H., Lin, Y., Li, W., Ju, M. & Zhu, F. (2018). Evaluation of the potential of pelletized biomass from different municipal solid wastes for use as solid fuel. *Waste Management* 74, 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.043>
- Yang, X., Zhao, Z., Zhao, Y., Xu, L., Feng, S., Wang, Z., Zhang, L., Shen, B. (2024). Effects of torrefaction pretreatment on fuel quality and combustion characteristics of biomass: A review. *Fuel*, 358(B), 130314. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130314>.

- Yao, S., Zhang, Y., Xia, J., Xie, T., Zhang, Z., Li, H. & Hu, J. (2023). Cascade utilization of energy in high temperature syngas to reduce energy consumption in biomass gasification processes. *Case Studies in Thermal Engineering*, 52, 103680. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103680>.
- Zhang, Q., Liu, J., Singh, V. P., Shi, P., Sun, P. (2017). Hydrological responses to climatic changes in the Yellow River basin, China: Climatic elasticity and streamflow prediction. *Journal of Hydrology*, 554, 635-645. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.040>.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Programa del curso de biodiesel

Sesión	Sábado 24 de Agosto	Sesión	Sábado 24 de Agosto
8:30 am - 9:00 am	<i>Bienvenida</i> <i>Introducción al taller y presentación de participantes</i>		
Sesión A 9:00 am - 9:45 am	<b>Introducción de RER en Lima, Perú.</b> Introducción y Perspectiva de la producción de Biodiesel. Jóse Calle.	Sesión B 2:00 pm - 3:15 pm	<b>Procesos y tecnologías involucradas</b> Presentación y trabajo en equipo.  Fernado Acosta.
Sesión A 9:45 am - 11:00 am	<b>Producción y Conceptos básicos aceite</b> - Parámetros de calidad del aceite - Pre - Tratamiento del aceite - Fundamento químico - Procesos de producción. <b>Consideraciones de calidad</b> Mary Flor Césare	Sesión B 3:15 pm - 4:30 pm	<b>Marco institucional y legal</b> Presentación y trabajo en equipo.  Fernando Acosta
Sesión A 11:00 am - 11:40 am	<b>Características del Mercado</b> Presentación y trabajo en equipo. Mary Flor Césare	Sesión B 4:30 pm - 6:00 pm	<b>Visita de campo</b> Uso de biodiesel en motores (demostrativo).  Fernano Acosta.
Sesión A 11:40 am - 12:15 pm	<b>Disponibilidad y requerimientos de insumos</b> Presentación y trabajo en equipo. Mary Flor Césare	Sesión C 9:00 am - 10:30 am	<b>Características del Producto</b> Presentación y trabajo en equipo.  Mary Flor Césare
Sesión A 12:15 pm - 1:00 pm	<b>Condiciones para la inversión en Biodiesel en Perú</b> Presentación y trabajo en equipo. Francisco Toledo Santander	Sesión C 10:30 am - 12:30 pm	<b>Práctica de laboratorio (LER).</b>  Mary Flor Césare Ramiro Navarro
01:00 p.m.		12:30 p.m.	
		Sesión	Domingo 25 de Agosto

## Anexo 2: Silabo del curso Cambio Climático y Energías Renovables a postgrado



CURSO	: Cambio Climático y Energías Renovables
CÓDIGO	: CC8048
Nº CRÉDITOS	: 2-2-3
DOCENTE	: José Calle Maraví – Haline Heidinger Abadia
PRE-REQUISITO	: Aprobación del Comité Consejero

### JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, para toda la sociedad es evidente que el clima ha cambiado significativamente en los últimos años. Este proceso de cambio climático está relacionado a los efectos directos de la contaminación atmosférica a nivel local, regional y global.

La contaminación atmosférica, a su vez se relaciona con la existencia de un conjunto de fuentes de emisión que utilizan combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, que en muchos casos en base a su composición y el proceso de combustión incorporan a la atmósfera gases y partículas que han modificado significativamente el balance de radiación.

Esta modificación del balance de radiación se asocia con el incremento de la temperatura del aire a escala global y con ello la modificación de todos los procesos meteorológicos, conllevando a la modificación del clima.

La relación del cambio climático y el uso extensivo de los combustibles fósiles es directa y por otro lado es evidente el agotamiento de una de las fuentes más populares del mundo que son los combustibles fósiles. Por ello es importante, proponer como alternativas de solución la utilización de otras formas de energía (Energía Solar, Energía Eólica, Energía de las pequeñas centrales hidroeléctricas, Energía de la biomasa y de los biocombustibles) que permitirán sostener la demanda de energía mundial.

### OBJETIVOS

#### OBJETIVO GENERAL

Capacitar y a los participantes en los fundamentos teóricos y prácticos del cambio climático y sobre las fuentes alternativas de energía, los recursos naturales; las ventajas ambientales del uso de ellas.

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Comprender los conceptos técnicos necesarios para efectuar adecuadamente un análisis integral del Cambio Climático.
- Conocer el carácter multi-disciplinario y transversal del Cambio Climático bajo el método científico.
- Incentivar la investigación científica aplicada para elaborar estrategias de adaptación en Cambio Climático.
- Lograr que el estudiante desarrolle criterios de análisis sobre las fuentes alternativas de energía renovable, su influencia sobre la conservación de los recursos naturales
- Identificar, dimensionar y aplicar diferentes fuentes de energía renovable para resolver casos de energización urbana-rural y aplicarlos de manera práctica.
- Otras fuentes renovables de energía: Geotermal, Hidrogeno, mareomotriz, electromotricidad, y ambientes controlados.

## **METODOLOGIA**

La duración del curso será de 17 semanas y la metodología ha emplearse consiste en clases expositivas, exposiciones y análisis y discusión. Se implementarán metodologías para la elaboración de estrategias de adaptación al Cambio Climático, aplicación y dimensionamiento de fuentes alternativas de energía con prácticas de laboratorio bajo el método científico en el contexto de la Investigación Científica Aplicada.

## **CONTENIDO DEL CURSO**

### **PRIMERA PARTE: CAMBIO CLIMATICO (Haline Heidinger Abadia, Ph.D.)**

#### **I. Aspectos generales sobre Cambio Climático**

Introducción a Meteorología y Clima. Conceptos de Cambio Climático, Efecto Invernadero y Cambio Climático, Eventos Meteorológicos extremos e indicadores de Cambio Climático, Introducción al modelamiento numérico.

#### **II. Introducción a la Ciencia de Cambio Climático**

Análisis atmosférico del Cambio Climático, Ciencia del Cambio Climático, Metodología del Cambio Climático, Modelamiento Numérico del Cambio Climático, Interacción multidisciplinaria de Cambio Climático.

#### **III. Expresión de Cambio Climático**

Eventos extremos climáticos y su relación con las actividades humanas, Mitigación, Adaptación, Normatividad de Cambio Climático en el Marco Nacional e Internacional, Rol del Panel Intergubernamental de Cambio Climático a nivel Internacional, Rol de Instituciones científicas nacionales en Cambio Climático.

#### **IV. Impactos de Cambio Climático**

Identificación de eventos extremos relacionados al recurso agua, Monitoreo espacial y temporal del recurso hídrico, Identificación de vulnerabilidades espaciales y temporales relacionados al agua, Identificación de eventos extremos relacionados a agricultura, Monitoreo espacial y temporal del ciclo agrícola, Identificación de vulnerabilidades espaciales y temporales relacionados a la agricultura, Identificación de eventos extremos relacionados a la salud, Monitoreo espacial y temporal de los impactos del clima en la salud, Identificación de vulnerabilidades espaciales y temporales relacionados a la salud.

#### **SISTEMA DE EVALUACION**

Por determinar, así como algunos aspectos teóricos.

### **SEGUNDA PARTE: ENERGÍAS RENOVABLES (José L. Calle Maravi, Ph.D.)**

#### **I. PANORAMA MUNDIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES**

Matriz energética mundial y la tendencia futura de la energía. Estado actual y proyección de las energías renovables. Escenario futuro energético peruano, y evolución de las renovables. Importancia de las energías renovables en la mitigación del cambio climático.

#### **II. FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES**

El Sol como fuente de energía. Fuentes alternativas de energía. Clasificación, importancia, influencia sobre el medio ambiente. Los recursos naturales energéticos no renovables. Disponibilidad. Experiencias de las energías renovables en el Perú. Investigaciones de las renovables en el Laboratorio de Energías Renovables FIA-UNALM.

### III. Energía Solar Fotovoltaica

Introducción. Radiación solar. Disponibilidad y potencial del recurso solar. Energía solar fotovoltaica, principios básicos. Elementos de un sistema fotovoltaico. Sistemas aislados e interconectados. Rendimiento de los paneles solares. Cálculos de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados.

### IV. Energía Solar Térmica

Aplicaciones de la energía solar térmica; Temas solares, secadores solares, destiladores, cocinas solares, bioclimáticos y generación de frío.

### V. Energía Eólica

Orígenes e historia. Máquinas eólicas, estado actual de la energía eólica en el mundo. Dimensionamiento y uso del atlas eólico del Perú. Cálculo de potencias. Análisis de las experiencias en instalaciones eólicas en Perú.

### VI. Energía de la biomasa

La biomasa. Fuentes en la producción de la bioenergía. Clasificación. Biocombustibles: biodiesel, Procesos biológicos, fermentación de la biomasa. Parámetros e Indicadores, importancia del uso de la Biomasa residual. Casos y aplicaciones.

### VII. Hidroenergía.

Conceptos fundamentales. Clasificación de centrales hidráulicas con énfasis en micro centrales. Participación en el Balance Nacional de Energía. Cuadros estadísticos.

### VIII. Gestión de la Energía y Eficiencia energética.

Mercado eléctrico de las renovables. Costos de las renovables. Subastas de las renovables. Importancia de la eficiencia energética y de auditorías energéticas. Análisis de casos.

### IX. Otras fuentes de energía

Geotermal, hidrogeno, almacenamiento, electro-motricidad, mareomotriz y otras fuentes Renovables de Energía a partir de los recursos naturales y sus perspectivas en las actividades económicas.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LA SEGUNDA PARTE

La evaluación es independiente la primera parte del curso.  
Esta segunda parte consta de lo siguiente:

• Practica de problemas	05%
• Proyecto Sistema Fotovoltaico	15%
• Pasos Escritos	10%
• Examen final:	20%
<b>TOTAL:</b>	<b>50%</b>

OPCIONAL: Trabajo monográfico individual sobre un tema innovador de los RER (puntaje que se promediara al examen final)

## PROYECTO DE SISTEMA FV EN RED

Se escogerá un poblado de 50 viviendas en promedio, que deberá estar localizado en una zona aislada a la red eléctrica con buena irradiación. El proyecto será de 20 años. Se determinará el dimensionamiento del sistema proyectado al futuro y selección de componentes. Se presentará; la arquitectura completa del sistema incluyendo su distribución, costos en detalle de todos los componentes incluyendo su instalación. Se deberá presentar un análisis de los costos del sistema FV incluyendo carbono, comparados a la de un grupo electrógeno. Se deberá presentar también los impactos ambientales (EIA). El proyecto será grupal.

## Anexo 3: Silabo del curso Energías Renovables



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

### SILABO

#### 1. Información General

- a) Asignatura : Energías Renovables  
b) Código : IA 5031  
c) Créditos : 3  
d) Horas de teoría : 02h semanales  
e) Horas de práctica : 02h semanales  
f) Requisitos : IA4097 Fundamentos de Ingeniería Ambiental  
IA3002 Circuitos y Máquinas Eléctricas  
CC3090 Electrónica Experimental  
g) Docente(s) y jefe(s) de práctica:  
Calle Maraví, José Luis [jcalle@lamolina.edu.pe](mailto:jcalle@lamolina.edu.pe)  
Ramírez Candia, Judith [jramirez@lamolina.edu.pe](mailto:jramirez@lamolina.edu.pe)  
Cavalcanti Cárdenas, Kenyi [kcavalcanti@lamolina.edu.pe](mailto:kcavalcanti@lamolina.edu.pe)  
h) Ciclo : 10  
i) Semestre : 2023-II  
j) Modalidad : Presencial

#### 2. Sumilla

La asignatura pertenece al área de ciencias de la ingeniería, su carácter es obligatorio y es de naturaleza teórica-práctica. El propósito del curso es ofrecer al estudiante los principales conceptos relacionados al aprovechamiento energético con fuentes renovables a partir del análisis climático y de las características del sitio, que permitan elegir y dimensionar las tecnologías para lograr un proyecto integral de bajo impacto ambiental sobre la base de fuentes renovables.

En el curso se abordarán temáticas contemporáneas y actuales, como son el cambio climático, el concepto de sostenibilidad, de cuidado del ambiente y de eficiencia energética en los proyectos de ingeniería.

#### 3. Competencias

El curso desarrolla capacidades que aportan al logro de las competencias del perfil del egresado:

CE.1: Conoce instrumentos de planificación y formulación de proyectos en ingeniería para el desarrollo de infraestructura productiva y social; aprovechamiento y uso eficiente de los recursos hídricos; la mecanización y modernización de la agricultura y el uso eficiente de las energías.

CE.2 Conoce y aplica conceptos y herramientas para diseñar obras de infraestructura productiva, social y de servicios: obras de infraestructura hidráulica, sistemas de riego tecnificado, así como también en la prevención y mitigación de desastres.

CE.4 Conoce e identifica cada una de las labores y/o operaciones que se realizan en el sector agrícola y de construcción, para realizar la adecuada selección de maquinaria y hacer un uso racional de ella a través del planeamiento y control, considerando también la evaluación técnica económica que esta requiere.

Al final de la asignatura el estudiante será capaz de:

- Comprender las características del contexto nacional e internacional de las energías renovables, sus beneficios y desafíos, así como el rol de las fuentes renovables como medida de mitigación frente al cambio climático.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

- Comprender los fundamentos básicos relacionados con la energía, potencia y resuelve ejercicios de conversión de unidades energéticas.
- Comprender los fundamentos eficiencia energética e identifica diversas estrategias para integrar el concepto en el diseño y la optimizando de los recursos energéticos en calefacción, ventilación, iluminación natural y artificial. Así mismo, conoce los lineamientos básicos de una auditoria energética.
- Comprender el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico SFV. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y también los aspectos medioambientales y económicos asociados con su utilización.
- Diseñar sistemas solares fotovoltaicos (SFV) destinados a diversas aplicaciones aisladas o conectadas a la red eléctrica.
- Comprender el funcionamiento de un sistema solar fototérmico SFT. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y también los aspectos medioambientales y económicos asociados con su utilización.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas eólicos offshore y onshore. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación.
- Comprende el funcionamiento de los sistemas hidráulicos, en especial de pequeña potencia PCHs. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas de conversión de biomasa en energía, los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación.
- Comprender el funcionamiento de los sistemas de conversión de biomasa en biocarburantes. Comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación. Esto se logra a partir de la revisión de los principios bioquímicos y fisicoquímicos que permiten la generación de biodiesel y bioetanol a partir de recursos de biomasa.
- Comprende el funcionamiento y aplicaciones de diferentes tipos de energías renovables implementadas en entornos reales.
- Comprende el funcionamiento de los sistemas de conversión de energía geotermal, mareomotriz, hidrógeno y otras formas de aprovechamiento novedosas de energía. Comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados a su implementación.

**4. Programa Calendarizado de Contenidos**

<b>Semana 1 y 2</b>	<b>UNIDAD 1: PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES</b>
	Logro: Al finalizar la unidad el estudiante comprende las características del contexto nacional e internacional de las energías renovables, sus beneficios y desafíos, así como el rol de las fuentes renovables como medida de mitigación frente al cambio climático a partir de la revisión de reportes, indicadores y estudios de caso.
	<b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a los energías renovables y descripción de la situación energética en el Perú y el mundo. Tipo de energías renovables, beneficios y retos. Análisis del rol de las fuentes renovables en el contexto del cambio climático. Introducción al mercado eléctrico peruano y a las subastas de energía en Perú.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Identifica los desafíos y retos de las energías renovables en el contexto internacional y nacional.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Revisar los antecedentes del problema con el manejo adecuado de la información científica.          B1. Buscar sistemáticamente y encontrar publicaciones/información relacionada al problema.          B2. Revisar las publicaciones de manera crítica</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>
	<b>Evaluaciones de la Unidad: Presentación de trabajo encargado (1)</b>

**Referencias bibliográficas obligatorias**

- IEA. (2022). World Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- Olabi, A. G., & Abdelkareem, M. A. (2022). *Renewable energy and climate change*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.158, p.112111.
- OSINERGMIN. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Schmerler D, Velarde JC, Rodriguez A., Solis B. edit. ISBN: 9786124735066. [pp1-143]
- Ramírez-Candia, J., Curt, M. D., & Dominguez Bravo, J. (2020). *Challenges for Access to Energy in Peru*. Peru in the 21st Century: Progress, Trends and Challenges; Noles Cotito, M., Ed, [pp 346-350]
- REN21 (2022). *Renewables 2022 Global Status Report*. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>

<b>Semana 3 y 4</b>	<b>UNIDAD 2: CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA, INVESTIGACIONES EN LA UNALM</b>
	<b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende los fundamentos básicos relacionados con la energía, potencia y resuelve ejercicios de conversión de unidades energéticas a partir de la revisión de conceptos y teorías físicas y químicas.
	<b>Contenidos Conceptuales:</b> • Definiciones, conceptos básicos sobre energía y potencia. Tipos de energía. Electricidad. Energía activa y pasiva. Corriente alterna y continua. Las energías renovables e investigaciones en el laboratorio de Energías Renovables (LER-UNALM) y Unidad de Biomasa Energética.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Resuelve ejercicios de conversión de unidades energéticas. Calcula la potencia y la eficiencia energética de diversos equipos eléctricos.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
	<p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Revisar los antecedentes del problema con el manejo adecuado de la información científica.          B1. Buscar sistemáticamente y encontrar publicaciones/información relacionada al problema.          B2. Revisar las publicaciones de manera crítica</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones</p>

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	F3. Elaborar recomendaciones  Comunicar el trabajo de investigación de manera oral H1. Exponer de manera científica
	<b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Presentación de trabajo encargado (2)

<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Smil, V. (2017). <i>Energy: a beginner's guide</i>. Simon and Schuster.</li> <li>- Zobia, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). <i>Handbook of renewable energy technology</i>. World Scientific.</li> </ul>	

	<b>UNIDAD 3: EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>  <b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende los fundamentos eficiencia energética e identifica diversas estrategias para integrar el concepto en el diseño y la optimizando de los recursos energéticos en calefacción, ventilación, iluminación natural y artificial. Así mismo, conoce los lineamientos básicos de una auditoria energética.  <b>Contenidos Conceptuales:</b> • Introducción a la eficiencia energética y ahorro de energía. Eficiencia en sistemas eléctricos. Auditoría energética.  <b>Contenidos Procedimentales:</b> Realiza cálculos para determinar la eficiencia de un equipo eléctrico  <b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
<b>Semana 5</b>	<b>Contribución a la investigación formativa:</b> Revisar los antecedentes del problema con el manejo adecuado de la información científica. B1. Buscar sistemáticamente y encontrar publicaciones/información relacionada al problema. B2. Revisar la publicaciones de manera crítica  Elaborar conclusiones en base a resultados F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones F3. Elaborar recomendaciones  Comunicar el trabajo de investigación de manera oral H1. Exponer de manera científica
	<b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Presentación de trabajo encargado 3. Evaluación (Paso 1 y/o exposición),
<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto Supremo N° 011-2021-EM que aprueba disposiciones para promover el desarrollo de auditorías energéticas.</li> <li>- Decreto Supremo N° 009-2017-EM. Aprueban el Reglamento Técnico sobre el etiquetado de eficiencia energética para equipos energéticos.</li> <li>- Goswami, D. Y., &amp; Kreith, F. (Eds.). (2015). <i>Energy efficiency and renewable energy handbook</i>. Section III. CRC press.</li> <li>- ISO 50001:2011: Energy management systems - Requirements with guidance for use.</li> </ul>	

<b>UNIDAD 4: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV)</b>
--

Elaborado por: <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	Formato revisado por:	Revisado por: <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	Aprobado por:
--	-----------------------	--	---------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

<b>Semana 6 y 7</b>	<p><b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico SFV. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y también los aspectos medioambientales y económicos asociados con su utilización. Esto se logra a partir de la aplicación de los principios físicos que subyacen a la generación de energía eléctrica a partir de la radiación solar, así como el estudio de tecnologías esenciales para capturar y convertir eficazmente esta forma de energía.</p>
	<p><b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a la tecnología solar fotovoltaica (FV). Células, módulos y sistemas fotovoltaicos SFV. Efecto de variables ambientales. Componentes de un SFV. Conexiones eléctricas básicas para SFV. Tipo de instalaciones fotovoltaicas. Instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red. Factores medioambientales y económicos.</p>
	<p><b>Contenidos Procedimentales:</b> Identifica los componentes de un SFV y describe su funcionamiento. Identifica sistemas eléctricos básicos de un SFV y los desarrolla. Calcula y analiza la eficiencia energética de los módulos fotovoltaicos y el efecto de las variables ambientales sobre la generación eléctrica y sus eficiencia</p>
	<p><b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.</p>
	<p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Identificar y desarrollar el problema de investigación.          A1. Observar hechos de la naturaleza</p> <p>Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados          C4. Evaluar los recursos necesarios.</p> <p>Generar datos          D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente.          D2. Registrar datos de variables</p> <p>Analizar datos          E1. Discriminar y valorar datos          E2. Interpretar los datos.</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>
	<p><b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Informe de laboratorio 4.</p>
<p><b>Referencias bibliográficas obligatorias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Camarena-Gamarra, C., Calle-Maravi, J., &amp; Nahui-Ortiz, J. (2020). Benchmarking of solar pv performance ratio among different regions in peru: sample of five small-scale systems. Diesel Engine, 208, 1-09.</li> <li>- Duffie, J. A., Beckman, W. A., &amp; Blair, N. (2020). Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind. John Wiley &amp; Sons.</li> <li>- Fernández Salgado, J. M. (2008). Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica.</li> </ul>	

Elaborado por: <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	Formato revisado por:	Revisado por: <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	Aprobado por:
--	-----------------------	--	---------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

- González, J. A. C., Pérez, R. C., Santos, A. C., Gil, M. A. C., & Fernández, E. C. (2013). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson.
- Madrid Vicente, A. (2009). Curso de energía solar (Fotovoltaica, térmica y termoelectrónica). Colección de libros sobre temas energéticos (España).
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2003). Atlas de energía solar del Perú.
- Tiwari, G. N., & Tiwari, A. (2016). Handbook of solar energy (Vol. 498). Singapore: Springer.
- Zobia, A. F., & Bansal, R. C. (Eds.). (2011). Handbook of renewable energy technology. World Scientific.

<b>Semana 8</b>	<b>UNIDAD 5: DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA SOLAR FV</b>
	<b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante estará capacitado para diseñar sistemas solares fotovoltaicos (SFV) destinados a diversas aplicaciones aisladas o conectadas a la red eléctrica. Este logro se basará en la aplicación de los principios físicos de conversión de la radiación solar en electricidad, así como en el entendimiento de los conceptos de electricidad y reacciones químicas relevantes para el almacenamiento de energía.
	<b>Contenidos Conceptuales:</b> Diseño de instalaciones solares fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red. Selección de componentes y cálculos para determinación de número de componentes. Métodos de cálculo para instalaciones de viviendas rurales, sistemas de bombeo u otros usos aisladas y conectadas.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Dimensiona un SFV y aplica métodos de cálculo para diferente emprendimientos autónomos y conectados a la red.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
	<b>Contribución a la investigación formativa:</b> Identificar y desarrollar el problema de investigación. A1. Observar hechos de la naturaleza
	Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados C4. Evaluar los recursos necesarios.
	Elaborar conclusiones en base a resultados F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones F3. Elaborar recomendaciones
Comunicar el trabajo de investigación de manera oral H1. Exponer de manera científica	
<b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Informe de laboratorio 5. Evaluación (Paso 2 y/o exposición)	
<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b>	
- Fernández Salgado, J. M. (2008). Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoelectrónica.	
- Ibáñez Plana, M. (2005). Tecnología solar (No. 04; TJ810, I2.)	
- Labouret, A., & Viloz, M. (2008). Energía solar fotovoltaica manual práctico. España: Ed. A. Madridi Vicente y Mundi-Prensa, 42-43.	
- Lamigueiro, O. P. (2013). Energía solar fotovoltaica. Creative Commons ebook. España. 192pp.	

Elaborado por: <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	Formato revisado por:	Revisado por: <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	Aprobado por:
--	-----------------------	--	---------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

- Madrid Vicente, A. (2009). Curso de energía solar (Fotovoltaica, térmica y termoeléctrica). Colección de libros sobre temas energéticos (España).

<b>Semana 9 y 10</b>	<b>UNIDAD 6: ENERGÍA SOLAR FOTOTÉRMICA (FT)</b>
	<b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de un sistema solar fototérmico SFT. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y también los aspectos medioambientales y económicos asociados con su utilización. Esto se logra a partir de la aplicación de los principios físicos que subyacen a la generación de energía térmica a partir de la radiación solar, así como el estudio de tecnologías esenciales para capturar y convertir eficazmente esta forma de energía.
	<b>Contenidos Conceptuales:</b> • Introducción a la tecnología solar fototérmica (FT). Tipología y clasificación de las instalaciones solares térmicas. Aplicaciones de la energía solar térmica: Las termas solares, cocinas, desaladores, secadores, refrigeración solar y bioclimáticos). Factores medioambientales y económicos.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Comprende el funcionamiento y maneja un colector y una cocina solar, así como las variables relacionadas a su buen funcionamiento. Realiza cálculos para determinar la eficiencia.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
	<b>Contribución a la investigación formativa:</b> Identificar y desarrollar el problema de investigación. A1. Observar hechos de la naturaleza
	Establecer el diseño de investigación de acuerdo a los objetivos planteados C4. Evaluar los recursos necesarios.
	Generar datos D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente. D2. Registrar datos de variables
	Analizar datos E1. Discriminar y valorar datos E2. Interpretar los datos.
	Elaborar conclusiones en base a resultados F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones F3. Elaborar recomendaciones
Comunicar el trabajo de investigación de manera oral H1. Exponer de manera científica	
<b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Informe de laboratorio 6.	
<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b>	
- Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., & Wongwises, S. (2019). A review of recent advances in solar cooking technology. <i>Renewable Energy</i> , 140, 419-435.	
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2020). <i>Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind</i> . John Wiley & Sons.	

<b>Elaborado por:</b> <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	<b>Formato revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b> <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	<b>Aprobado por:</b>
---	------------------------------	---	----------------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

- Fernández Salgado, J. M. (2008). Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica.
- Gil, M. A. C., & Santos, A. C. (2000). Energía solar térmica de baja temperatura. Promotora General de Estudios.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE. (2006). Energía solar térmica. Manuales de Energía Renovable. 148 pp.
- Jayanthi, N., Kumar, R. S., Karunakaran, G., & Venkatesh, M. (2020). Experimental investigation on the thermal performance of heat pipe solar collector (HPSC). *Materials Today: Proceedings*, 26, 3569-3575.
- Saxena, A., Goel, V., & Karakilcik, M. (2018). Solar food processing and cooking methodologies. *Applications of Solar Energy*, 251-294.

	<p><b>UNIDAD 7: ENERGÍA EOLICA</b></p> <p><b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de los sistemas eólicos offshore y onshore. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación. Esto se logra a partir de la revisión de los principios de conversión de la energía cinética, que permiten la generación de energía eléctrica y mecánica a partir del recurso eólico, así como el estudio de tecnologías para la conversión eficaz.</p> <p><b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a la tecnología eólica. Estimación de las prestaciones, factores de diseño y cálculo del potencial eólico. Tipología y clasificación de las instalaciones eólicas. Sistemas offshore e onshore. Aplicaciones de la energía eólica. Dimensionamiento de un sistema mini eólico no conectado a red. Factores medioambientales y económicos.</p> <p><b>Contenidos Procedimentales:</b> Desarrolla cálculos de potencial eólico. Manipula equipos eólicos. Aplica métodos de diseño de equipos eólicos para viviendas rurales.</p> <p><b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.</p>
Semana 11	<p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Identificar y desarrollar el problema de investigación.          A1. Observar hechos de la naturaleza</p> <p>Establecer el diseño de investigación de acuerdo a los objetivos planteados          C4. Evaluar los recursos necesarios.</p> <p>Generar datos          D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente.          D2. Registrar datos de variables</p> <p>Analizar datos          E1. Discriminar y valorar datos          E2. Interpretar los datos.</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<b>Evaluaciones de la Unidad: Informe de laboratorio 7: Evaluación.</b>
	<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anaya-Lara, O., Jenkins, N., Ekanayake, J. B., Cartwright, P., &amp; Hughes, M. (2011). Wind energy generation: modelling and control. John Wiley &amp; Sons.</li> <li>- Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., &amp; Bossanyi, E. (2011). Wind energy handbook. John Wiley &amp; Sons.</li> <li>- Gipe, P. (2000). Energía eólica práctica: Una guía para instalación y uso de pequeños sistemas eólicos.</li> <li>- González, J. A. C., Pérez, R. C., Santos, A. C., Gil, M. A. C., &amp; Fernández, E. C. (2013). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson.</li> <li>- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE. (2006). Energía Eólica. Manuales de Energía Renovable. 180 pp.</li> <li>- López, M. V. (2012). Ingeniería de la energía eólica (Vol. 5). Marcombo.</li> <li>- Ministerio de Energías y Minas. (2016). Atlas Eólico del Perú. 262pp</li> <li>- Zobaa, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). Handbook of renewable energy technology. World Scientific</li> </ul>

	<b>UNIDAD 8: ENERGÍA HIDRAULICA</b>
	<b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de los sistemas hidráulicos, en especial de pequeña potencia PCHs. Reconoce sus componentes, comprende los factores que afectan su rendimiento, y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación. Esto se logra a partir de la revisión de los principios de conversión de la energía potencial y cinética, que permiten la generación de energía eléctrica y mecánica a partir del recurso hídrico, así como el estudio de tecnologías para la conversión eficaz.
	<b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a la tecnología de generación de energía hidráulica. Potencial hidráulico en Perú. Tipología y clasificación de las instalaciones hidráulicas. Diseño de mini y picos centrales (< 20Kw). Factores medioambientales y económicos.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Desarrolla cálculos de potencial hidráulico. Manipula equipos hidráulicos. Aplica métodos de diseño de una picoturbina y sus equipamientos para viviendas rurales.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
<b>Semana 12</b>	<b>Contribución a la investigación formativa:</b> Identificar y desarrollar el problema de investigación. A1. Observar hechos de la naturaleza  Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados C4. Evaluar los recursos necesarios.  Generar datos D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente. D2. Registrar datos de variables  Analizar datos E1. Discriminar y valorar datos E2. Interpretar los datos.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p> <p><b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Informe de laboratorio 8. Evaluación continua (Paso 3 y/o exposición)</p>
	<p><b>Referencias bibliográficas obligatorias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coz F., Sanchez T., Viani B., Segura J.(1995). <i>Manual de Mini Microcentrales Hidráulicas</i>. Intermediate Technology Development Group.</li> <li>- Chala, G. T., Ma'Arof, M. I. N., &amp; Sharma, R. (2019). Trends in an increased dependence towards hydropower energy utilization-a short review. <i>Cogent Engineering</i>, 6(1), 1631541.</li> <li>- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE. (2006). <i>Minicentrales hidroeléctricas. Manuales de Energía Renovable</i>. 180 pp.</li> <li>- Ministerio de Energía y Minas (1979). <i>Evaluación del potencial hidroeléctrico Nacional. VIII Potencial hidroeléctrico teórico</i>.</li> <li>- Ortiz Flórez, Ramiro (2011). <i>Pequeñas centrales hidroeléctricas</i>. Bogotá. 384 p.</li> <li>- Sánchez, T.; Escobar, R.; Ramírez, S.; Canedo, W; Gamarra, A &amp; Guzmán, Y. (2010). <i>Evaluación de recursos hidro energéticos</i>. Lima: Soluciones Prácticas.</li> <li>- Velasco, J. G. (2009). <i>Energías renovables</i>. Reverte.</li> <li>- Zoba, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). <i>Handbook of renewable energy technology</i>. World Scientific.</li> </ul>

	<p align="center"><b>UNIDAD 9: ENERGÍA DE LA BIOMASA</b></p> <p><b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de los sistemas de conversión de biomasa en energía, los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación. Esto se logra por medio de la revisión de los principios físicos y químicos que permiten la generación de energía térmica y eléctrica a partir de recursos de biomasa, así como el estudio de tecnologías esenciales para la conversión eficaz.</p> <p><b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a la energía de la biomasa. Tipología y clasificación de la biomasa. Parámetros fisicoquímicos y energéticos de la biomasa. Procesos físicos, químicos y biológicos de conversión de la biomasa. Factores medioambientales y económicos.</p> <p><b>Contenidos Procedimentales:</b> Desarrolla cálculos de potencial de biomasa. Manipula equipos de conversión de biomasa en energía. Aplica métodos de diseño de un sistema de calefacción para una vivienda rural utilizando biomasa.</p> <p><b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.</p> <p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Identificar y desarrollar el problema de investigación.          A1. Observar hechos de la naturaleza</p> <p>Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados          C4. Evaluar los recursos necesarios.</p> <p>Generar datos</p>
<b>Semana 13 y 14</b>	

Elaborado por: <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	Formato revisado por:	Revisado por: <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	Aprobado por:
--	-----------------------	--	---------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<p>D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente.          D2. Registrar datos de variables</p> <p>Analizar datos          E1. Discriminar y valorar datos          E2. Interpretar los datos.</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>
	<b>Evaluaciones de la Unidad:</b> Informe de laboratorio 9
	<p><b>Referencias bibliográficas obligatorias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cushion, Elizabeth (2009). Bioenergy development: issues and impacts for poverty and natural resource management. Washington, D.C.: 249 p</li> <li>- Nogués, F., García Galindo, D., &amp; Rezeau, A. (Eds.). (2010). <i>Energía de la biomasa II (Energías renovables)</i> (Vol. 182). Prensas de la Universidad de Zaragoza.</li> <li>- Nogués, F., García Galindo, D., &amp; Rezeau, A. (Eds.). (2010). <i>Energía de la biomasa I (Energías renovables)</i> (Vol. 173). Prensas de la Universidad de Zaragoza.</li> <li>- Ramírez-Candia, J., Curt, M. D., &amp; Domínguez, J. (2022). Understanding the access to fuels and technologies for cooking in Peru. <i>Energies</i>, 15(4), 1456.</li> <li>- Velázquez Martí, B. (2018). <i>Aprovechamiento de la biomasa para uso energético</i>. Editorial Universitat Politècnica de València.</li> <li>- Zobaa, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). <i>Handbook of renewable energy technology</i>. World Scientific.</li> </ul>

	<b>UNIDAD 10: BIOCARBURANTES</b>
	<b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de los sistemas de conversión de biomasa en biocarburos. Comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados con su implementación. Esto se logra a partir de la revisión de los principios bioquímicos y fisicoquímicos que permiten la generación de biodiesel y bioetanol a partir de recursos de biomasa.
<b>Semana 15</b>	<b>Contenidos Conceptuales:</b> Introducción a los biocarburos. Tipología y clasificación. Procesos para la obtención de bioetanol y biodiesel. Experiencias con biocombustibles en la región. El biodiesel: factores que influyen en el proceso de producción. Aspectos ambientales, salud y seguridad del manejo de biodiesel.
	<b>Contenidos Procedimentales:</b> Entiende el procedimiento de generación de biocombustibles a partir de la transesterificación del aceite vegetal y animal. Desarrolla experimentos de producción de biodiesel.
	<b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.
	<b>Contribución a la investigación formativa:</b> Identificar y desarrollar el problema de investigación. A1. Observar hechos de la naturaleza

<b>Elaborado por:</b> Apellido, Nombre y cargo.	<b>Formato revisado por:</b>	<b>Revisado por:</b> Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	<b>Aprobado por:</b>
--	------------------------------	---	----------------------

## Anexo 4: Silabo del curso Tecnologías Agroindustria con tecnologías limpias - Postgrado



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<p>Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados                  C4. Evaluar los recursos necesarios.</p> <p>Generar datos                  D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente.                  D2. Registrar datos de variables</p> <p>Analizar datos                  E1. Discriminar y valorar datos                  E2. Interpretar los datos.</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados                  F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones                  F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral                  H1. Exponer de manera científica</p> <p>Evaluaciones de la Unidad: Informe de laboratorio 10. Evaluación continua (Paso 4 y/o exposición)</p>
	<p><b>Referencias bibliográficas obligatorias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Castro, P., Coello J., Castillo L. (2007). Opciones para la producción de biodiesel en el Perú. Intermediate Technology Development Group (ITDG). Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) . ISBN N° 978-9972-47-139-0. Lima, Perú.</li> <li>- Ganduglia, F., León, J. G., Gasparini, R., Rodríguez, M. E., Huarte, G. J., Estrada, J., &amp; Filgueiras, E. (2009). Manual de biocombustibles. IICA, ARPEL.</li> <li>- Makkar, H. P. S. (2012). Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges. Roma. FAO. 553 p.</li> <li>- Zobaa, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). Handbook of renewable energy technology. World Scientific.</li> </ul>

	<p><b>UNIDAD 11: INSTALACIONES DE ENERGÍAS RENOVABLES</b></p> <p>Logro: Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento y aplicaciones de diferentes tipos de energías renovables implementadas en entornos reales.</p> <p>Contenidos Conceptuales: Instalaciones de energías renovables en el Centro de Capacitación y Desarrollo (CECADE), Yaurisque Cuzco y/o Institutos Regionales de Desarrollo UNALM. Tipología y clasificación de las instalaciones.</p> <p>Contenidos Procedimentales: Comprende el funcionamiento y maneja tecnologías de energía renovables en entornos reales. Realiza cálculos para determinar la eficiencia.</p> <p>Contenidos Actitudinales: Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.</p> <p>Contribución a la investigación formativa:                  Identificar y desarrollar el problema de investigación.                  A1. Observar hechos de la naturaleza</p> <p>Establecer el diseño de investigación de acuerdo con los objetivos planteados                  C4. Evaluar los recursos necesarios.</p>
--	---

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

	<p>Generar datos          D1. Usar las técnicas instrumentales y manejar el equipo correctamente.          D2. Registrar datos de variables</p> <p>Analizar datos          E1. Discriminar y valorar datos          E2. Interpretar los datos.</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>
	Evaluaciones de la Unidad: Presentación de trabajo encargado.
<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b> - Guías de trabajo de campo	

	<p><b>UNIDAD 12: ENERGIA GEOTERMAL, MAREMOTRIZ, ENERGIA DEL HIDRÓGENO Y OTRAS FORMAS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA.</b></p> <p><b>Logro:</b> Al finalizar la unidad el estudiante comprende el funcionamiento de los sistemas de conversión de energía geotermal, mareomotriz, hidrógeno y otras formas de aprovechamiento novedosas de energía. Comprende los factores que afectan su rendimiento y los aspectos medioambientales y económicos asociados a su implementación. Esto se logra a partir de la revisión de los principios físicos y químicos que permiten la generación de energía a partir de estos recursos.</p> <p><b>Contenidos Conceptuales:</b> Fundamentos de Energía geotermal y mareomotriz. Perspectivas y desarrollos actuales. El hidrógeno en generación de electricidad y como fuerza motriz en vehículos. Bioclimáticos: invernaderos y calefacción en viviendas rurales. Perspectivas de la refrigeración solar.</p> <p><b>Contenidos Procedimentales:</b> A través de estudios de caso, comprende el funcionamiento de la generación geotermal y mareomotriz y la importancia del aprovechamiento del hidrógeno verde. Conoce la importancia de otras formas de aprovechamiento.</p> <p><b>Contenidos Actitudinales:</b> Puntualidad, responsabilidad, participación y capacidad de trabajo en equipo.</p> <p><b>Contribución a la investigación formativa:</b>          Revisar los antecedentes del problema con el manejo adecuado de la información científica.          B1. Buscar sistemáticamente y encontrar publicaciones/información relacionada al problema.          B2. Revisar la publicaciones de manera crítica</p> <p>Elaborar conclusiones en base a resultados          F2. Valorar resultados, contribuciones y limitaciones          F3. Elaborar recomendaciones</p> <p>Comunicar el trabajo de investigación de manera oral          H1. Exponer de manera científica</p>
<b>Semana 17 y 18</b>	

Elaborado por: <i>Apellido, Nombre y cargo.</i>	Formato revisado por:	Revisado por: <i>Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad</i>	Aprobado por:
--	-----------------------	--	---------------



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

<b>Evaluaciones de la Unidad: Presentación de trabajo final</b>	
<b>Referencias bibliográficas obligatorias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dickson, M. H., &amp; Fanelli, M. (2004). Geothermal energy. Wiley.</li> <li>- González, J. A. C., Pérez, R. C., Santos, A. C., Gil, M. A. C., &amp; Fernández, E. C. (2013). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson</li> <li>- IEA (2021), Hydrogen in Latin America, IEA, Paris <a href="https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-latin-america">https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-latin-america</a></li> <li>- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE. (2008). Manual de Geotermia. Manuales de Energía Renovable. 192pp.</li> <li>- Zobia, A. F., &amp; Bansal, R. C. (Eds.). (2011). Handbook of renewable energy technology. World Scientific.</li> <li>- Velasco, J. G. (2009). Energías renovables. Reverte.</li> </ul>	

**5. Programa Calendarizado de Prácticas (laboratorios, seminarios, talleres, salidas de campo, etc.), según corresponda**

Unidad	Semana	Título de la práctica
1	1 -2	Clase introductoria.
2	3 - 4	Práctica Dirigida equivalencias energéticas. Manejo de instrumentos y equipos. Informe grupal de laboratorio 1
3	5	Práctica Dirigida Eficiencia Energética. Manejo de instrumentos y equipos. Informe grupal de laboratorio 2
4	6 - 7	Práctica Dirigida Energía solar fotovoltaica: Ensamblaje. Pruebas de campo. Curvas de eficiencia y mediciones eléctricas. Visita equipos solares fotovoltaicos en el campus de la UNALM. Informe grupal de laboratorio 3
5	8	Práctica Dirigida Dimensionamiento de un sistema solar Fotovoltaico. Informe grupal de laboratorio 4
6	9 - 10	Práctica Dirigida de Energía solar térmica: pruebas de cocción solar. Análisis de transferencia de masa y energía, cálculo de eficiencia. Informe grupal de laboratorio 5
7	11	Práctica Dirigida de Energía eólica, descripción y manejo de equipos e instrumentos. Dimensionamiento de sistemas eólicos a pequeña escala. Informe grupal de laboratorio 6
8	12	Práctica Dirigida de Hidráulica, descripción y manejo de equipos e instrumentos. Dimensionamiento pequeños aprovechamientos hidro energéticos. Informe grupal de laboratorio 7
9	13 -14	Práctica Dirigida de Energía de la biomasa. Análisis y pruebas de laboratorio. Dimensionamiento. Informe grupal de laboratorio 8
10	15	Práctica Dirigida de Energía de la biomasa. Producción de biodiesel a pequeña escala- Visita a la planta de Biodiesel de la UNALM. Informe grupal de laboratorio 9
11	16	Salida de campo: Viaje a CECADE – Cusco y/o IRD -UNALM.
12	17 - 18	Presentación de trabajos finales

**6. Programa Calendarizado de Evaluaciones**

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
 Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

Unidad	Semana	T/P	Título de la Evaluación	Instrumento de Evaluación
1	2	P	Informe grupal de laboratorio 1	Rúbrica
2	4	P	Informe grupal de laboratorio 2	Rúbrica
3	5	P	Informe grupal de laboratorio 3	Rúbrica
1-3	5	T	Paso 1	Prueba oral o escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.
4	7	P	Informe grupal de laboratorio 4	Rúbrica
5	8	P	Informe grupal de laboratorio 5	Rúbrica
4-5	8	T	Paso 2	Prueba oral o escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.
6	10	P	Informe grupal de laboratorio 6	Rúbrica
1- 6	11	T	Examen	Prueba escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.
7	11	P	Informe grupal de laboratorio 7	Rúbrica
8	12	P	Informe grupal de laboratorio 8	Rúbrica
7-8	12	T	Paso 3	Prueba oral o escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.
9	14	P	Informe grupal de laboratorio 9	Rúbrica
10	15	P	Informe grupal de laboratorio 10	Rúbrica
9-10	15	T	Paso 4	Prueba oral o escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.
11	16	P	Informe grupal 10	Rúbrica
12	17-18	P	Presentación grupal final	Rúbrica
11 y 12	18	T	Examen	Prueba escrita, a partir de una escala de valoración de 0 a 20.

**7. Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje**

- a) Estrategias durante las sesiones teóricas:  
 Se desarrollarán en sesiones presenciales con un enfoque deductivo – analítico e inductivo, desarrollados a través de exposiciones magistrales, presentación de material audiovisual y estudios de caso. Además, se promoverá sesiones sincrónicas y asincrónicas, utilizando recursos digitales como el aula virtual de la UNALM, TIC, entre otros. Se promoverá la participación de los estudiantes.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
Departamento Académico de Ordenamiento Territorial

b) Estrategias durante las sesiones prácticas:

Se desarrollarán mediante sesiones presenciales en el Laboratorio de Energías Renovables, utilizando un enfoque sintético – inductivo, experiencial y colaborativo a través del desarrollo de experimentos guiados, observaciones, ejemplos específicos y visita a instalaciones que utilicen diversos tipos de energías renovables como fuente energética. Su objetivo es promover experiencias de aprendizaje directas y activas que brinden al estudiante la oportunidad de poner en práctica la integración de la habilidad, el conocimiento y actitudes en situaciones de la realidad profesional. La dinámica de las prácticas se describe en la "Guía de prácticas".

**8. Responsabilidad Social Universitaria**

La asignatura contempla actividades relacionadas al bienestar de la sociedad a través de la investigación social, para lo cual se realizarán salidas de campo para desarrollar investigaciones que aborden desafíos locales de comunidades en dos zonas de estudio: comunidades en torno a los Institutos Regionales de Desarrollo de la UNALM y Yaurisque – Cusco donde se encuentra el Centro de Capacitación para el Desarrollo "Qosqo Yachay Wasi" (CECADE).

**9. Sistema de Evaluación**

Contenido	Actividades	Ponderación	Instrumentos de Evaluación
Conceptuales (relacionadas a la teoría)	a) Pasos anunciados	5%	Prueba escrita. Escala de valoración de 0 a 20
	b) Exámenes	40%	Prueba escrita. Escala de valoración de 0 a 20
Procedimentales (relacionadas a la práctica, al "saber hacer")	d) Informe de practicas	40%	Rúbrica
	e) Proyecto final	10%	Rúbrica
Actitudinales	f) Participación, disposición de trabajo grupal	5%	Escala de valoración de 0 a 20
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	

**10. Referencias Bibliográficas**

1. Anaya-Lara, O., Jenkins, N., Ekanayake, J. B., Cartwright, P., & Hughes, M. (2011). Wind energy generation: modelling and control. John Wiley & Sons.
2. Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., & Wongwises, S. (2019). A review of recent advances in solar cooking technology. Renewable Energy, 140, 419-435.
3. Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., & Bossanyi, E. (2011). Wind energy handbook. John Wiley & Sons.
4. Camarena-Gamarra, C., Calle-Maravi, J., & Nahui-Ortiz, J. (2020). Benchmarking of solar pv performance ratio among different regions in peru: sample of five small-scale systems. Diesel Engine, 208, 1-09.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**Departamento Académico de Ordenamiento Territorial**

5. Castro, P., Coello J., Castillo L. (2007). Opciones para la producción de biodiesel en el Perú. Intermediate Technology Development Group (ITDG). Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). ISBN N° 978-9972-47-139-0. Lima, Perú.
6. Coz F., Sanchez T., Viani B., Segura J.(1995). Manual de Mini Microcentrales Hidráulicas. Intermediate Technology Development Group.
7. Chala, G. T., Ma'Arof, M. I. N., & Shama, R. (2019). Trends in an increased dependence towards hydropower energy utilization—a short review. Cogent Engineering, 6(1), 1631541.
8. Cushion, Elizabeth (2009). Bioenergy development: issues and impacts for poverty and natural resource management. Washington, D.C. 249 p.
9. Decreto Supremo N° 011-2021-EM que aprueba disposiciones para promover el desarrollo de auditorías energéticas.
10. Decreto Supremo N° 009-2017-EM. Aprueban el Reglamento Técnico sobre el etiquetado de eficiencia energética para equipos energéticos.
11. Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2004). Geothermal energy. Wiley.
12. Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2020). Solar engineering of thermal processes, photovoltaics and wind. John Wiley & Sons.
13. Fernández Salgado, J. M. (2008). Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica.
14. Ganduglia, F., León, J. G., Gasparini, R., Rodríguez, M. E., Huarte, G. J., Estrada, J., & Filgueiras, E. (2009). Manual de biocombustibles. IICA, ARPEL.
15. Gil, M. A. C., & Santos, A. C. (2000). Energía solar térmica de baja temperatura. Promotora General de Estudios.
16. Gipe, P. (2000). Energía eólica práctica: Una guía para instalación y uso de pequeños sistemas eólicos.
17. González, J. A. C., Pérez, R. C., Santos, A. C., Gil, M. A. C., & Fernández, E. C. (2013). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables. Pearson.
18. Goswami, D. Y., & Kreith, F. (Eds.). (2015). Energy efficiency and renewable energy handbook. Section III. CRC press.
19. Ibáñez Plana, M. (2005). Tecnología solar (No. 04; TJ810, I2.).
20. IEA. (2022). World Energy Outlook 2022, < <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>>
21. IEA (2021), Hydrogen in Latin America, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/hydrogen-in-latin-america>
22. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE. (2008). Manual de Geotermia. Manuales de Energía Renovable. 192pp.
23. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE. (2006). Energía solar térmica. Manuales de Energía Renovable. 148 pp.
24. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAIE. (2006). Minicentrales hidroeléctricas. Manuales de Energía Renovable. 180 pp.
25. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2006). Energía Eólica. Manuales de Energía Renovable. 180 pp.
26. ISO 50001:2011: Energy management systems - Requirements with guidance for use.
27. Jayanthi, N., Kumar, R. S., Karunakaran, G., & Venkatesh, M. (2020). Experimental investigation on the thermal performance of heat pipe solar collector (HPSC). Materials Today: Proceedings, 26, 3569-3575.
28. Labouret, A., & Viloz, M. (2008). Energía solar fotovoltaica manual práctico. España: Ed. A. Madridi Vicente y Mundi-Prensa, 42-43.
29. Lamigueiro, O. P. (2013). Energía solar fotovoltaica. Creative Commons ebook. España. 192pp.
30. López, M. V. (2012). Ingeniería de la energía eólica (Vol. 5). Marcombo.
31. Madrid Vicente, A. (2009). Curso de energía solar (Fotovoltaica, térmica y termoeléctrica). Colección de libros sobre temas energéticos (España).
32. Makkar, H. P. S. (2012). Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges. Roma. FAO. 553 p.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**Departamento Académico de Ordenamiento Territorial**

33. Ministerio de Energías y Minas. (2016). Atlas Eólico del Perú. 262pp
34. Ministerio de Energía y Minas (1979). Evaluación del potencial hidroeléctrico Nacional. VIII Potencial hidroeléctrico teórico.
35. Nogués, F., García Galindo, D., & Rezeau, A. (Eds.). (2010). Energía de la biomasa II (Energías renovables) (Vol. 182). Prensas de la Universidad de Zaragoza.
36. Nogués, F., García Galindo, D., & Rezeau, A. (Eds.). (2010). Energía de la biomasa I (Energías renovables) (Vol. 173). Prensas de la Universidad de Zaragoza.
37. Olabi, A. G., & Abdelkareem, M. A. (2022). Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112111.
38. Ortiz Flórez, Ramiro (2011). Pequeñas centrales hidroeléctricas. Bogotá. 384 p
39. OSINERGMIN. (2019). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Schmerler D., Velarde JC, Rodríguez A., Solis B. edit. ISBN: 9786124735066. 143pp
40. Ramírez-Candia, J., Curt, M. D., & Domínguez Bravo, J. (2020). Challenges for Access to Energy in Peru. *Peru in the 21st Century: Progress, Trends and Challenges*; Noles Cotito, M., Ed, 346.
41. Ramírez-Candia, J., Curt, M. D., & Domínguez, J. (2022). Understanding the access to fuels and technologies for cooking in Peru. *Energies*, 15(4), 1456.
42. REN21 (2022). *Renewables 2022 Global Status Report* <<https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>>
43. Sánchez, T.; Escobar, R.; Ramírez, S.; Canedo, W; Gamarra, A; Guzmán, Y. (2010). Evaluación de recursos hidro energéticos. Lima: Soluciones Prácticas.
44. Saxena, A., Goel, V., & Karakilcik, M. (2018). Solar food processing and cooking methodologies. *Applications of Solar Energy*, 251-294.
45. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2003). Atlas de energía solar del Perú.
46. Smil, V. (2017). *Energy: a beginner's guide*. Simon and Schuster.
47. Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Reverte.
48. Velázquez Martí, B. (2018). Aprovechamiento de la biomasa para uso energético. Editorial Universitat Politècnica de València.
49. Tiwari, G. N., & Tiwari, A. (2016). *Handbook of solar energy* (Vol. 498). Singapore: Springer.
50. Zobia, A. F., & Bansal, R. C. (Eds.). (2011). *Handbook of renewable energy technology*. World Scientific.

Elaborado por:	Formato revisado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Apellido, Nombre y cargo.		Director de Departamento Escuela Profesional Comisión de Currículo o equivalente Comité de Calidad	

## Anexo 5: Silabo del curso Desarrollo de Tecnologías Agroindustriales con Tecnologías Limpias



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA MAESTRIA EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

#### Desarrollo de Productos Agroindustriales con Tecnología Limpia 12 al 17 de enero 2009

##### Sumilla

Los alumnos post-graduados estarán capacitados para diseñar, formular y desarrollar productos agroindustriales, en base a los conocimientos adquiridos de teoría del diseño de productos, optimización de formulaciones por diseños experimentales y procesos tecnológicos que contribuyen al cuidado del medio ambiente.

##### Objetivos

Al término de la asignatura los participantes conocerán sobre:

- Diseñar y formular productos.
- Optimizar procesos y productos.
- Tecnologías limpias.

##### Profesores

- José Luís Calle Maraví.
- David Campos Gutiérrez.
- Milber Ureña Peralta.

##### Dinámica

El curso es de 48 horas equivalentes a 3 créditos que los estudiantes alcanzarán cumpliendo tres etapas:

- Un período presencial de seis días en los que asistirán a sesiones teórico-prácticas de doce horas cada uno. Estas sesiones incluirán exposiciones y discusiones teóricas, trabajo individual y grupal.
- Un período de tres semanas de trabajo individual en la que los estudiantes prepararán el trabajo final.

##### Evaluación del curso:

La evaluación del curso se basará: en los siguientes trabajos y exámenes:

- Un examen final al término de módulo (30%)
- El trabajo y su exposición al final del módulo (30%)
- Actividades de laboratorio (40%).

## CONTENIDO

	TEMAS	PRÁCTICAS
1	La investigación y el desarrollo (I+D) en la Industria Agroalimentaria.	
2	El diseño de productos. La creatividad. Tormenta de ideas. Productos nuevos, renovados, reformulados, patrones e ideales.	Taller 1: Identificación y clasificación de productos en el mercado actual.
3	Etapas del diseño y desarrollo de nuevos productos. Generación de ideas. Tamizado. Desarrollo y prueba de concepto.	Taller 2: Propuesta de Productos.
4	Etapas del diseño y desarrollo de nuevos productos. Estrategia de Marketing.	Taller 3: Conceptos de productos propuestos.
5	Etapas del diseño y desarrollo de nuevos productos. Desarrollo y prueba del producto.	Taller 4: Metodología y Diseño Experimental de productos propuestos.
6	La evaluación sensorial en el desarrollo de nuevos productos. Pruebas con consumidores.	Taller 5: Estrategias de evaluación sensorial de productos propuestos.
7	Optimización de formulaciones. Diseño Factorial. Screening. Repeticiones en el Punto central.	Laboratorio de Cómputo: Diseños Factoriales. Uso del Statgraphics®.
8	Optimización de formulaciones. Método de Taguchi.	Laboratorio de Cómputo: Método Taguchi. Uso del Statistica®.
9	Optimización de Procesos. Método de Superficie de Respuesta.	Laboratorio de Cómputo: Superficie de Respuesta. Uso del Statgraphics®.
10	Optimización de procesos. Método de Variación No significativa en Cinética (VNSC).	Laboratorio de Cómputo: VNSC. Uso del Statgraphics®.
11	Empaques. Diseño del rotulado. Selección. Tamaño.	
12	Diseño de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos.	Presentación de trabajos.
13	Panorama Energético mundial y en el Perú.	
14	El rol de las energías Renovables: Solar (Fotovoltaica y Térmica), Eólica, Hidráulica (convencional y no convencional) y de la Biomasa.	Prácticas de laboratorio.
15	Experiencias en producción de Biodiesel a pequeña escala en la UNALM.	Prácticas de laboratorio.
16	Otras energías limpias: Maremotriz, Geotérmica y Celdas de combustible.	Prácticas de laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ayala, M. y Pardo, R. 1995. "Optimización por diseños experimentales". CONCYTED. Perú.
2. Fuller, G. 1994. "New Food Product Development". CRC Press. London.
3. Gacula, M. C. y Singh, J. 1984. "Statistical Methods in Food and Consumer Research". Academic Press Inc. U.S.A.
4. Gould, W. A. 1991. "Research & Development Guidelines for the Food Industries". CTI Publications, Inc. U.S.A.
5. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. 1998. "Metodología de la Investigación". McGraw-Hill. México D.F.
6. Jolly, J. C. 1996. "Manual simplificado de diseño de experimentos". Panorama Editorial, S.A. México D.F.
7. Labuza, T. 1982. "Shelf-life Dating of Food". Food and Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut.
8. Lipták, B. 1999. "Optimization of Industrial Unit Processes". CRC Press. London.
9. Llovet, J., Delgado, D. y Martínez, J. 1999. "Statgraphics Plus 4". ANAYA – Multimedia. Madrid.
10. Neter, J., Kutner, M., Nachtsheim, C. y Wasserman, W. 1996. "Applied Linear Regression Models". Irwin. Chicago.
11. Paine, F. y Paine, H. 1994. "Manual de Envasado de Alimentos". A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid.
12. Reyes, L. y Flores, E. 1989. "Introducción a la Ingeniería de Calidad". Centro para el Método Taguchi. ITESM. México D.F.
13. Traill, B. y Grunert, G. 1997. "Product and Process Innovation in the Food Industry". Blackie Academic & Professional. London.
14. Ureña, M., D'Arrigo, M. y Girón, O. 1999. "Evaluación Sensorial de los Alimentos - Aplicación Didáctica". EDIAGRARIA. Perú.

**DOCTORADO Y MAESTRIA EN AGRICULTURA SUSTENTABLE  
CURSO DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS CON TECNOLOGÍAS LIMPIAS  
ADITORIO A-2 ESCUELA DE POST GRADO**

Horas	LUNES 12-01-09	MARTES 13-01-09	MIÉRCOLES 14-01-09	JUEVES 15-01-09	VIERNES 16-01-09	SABADO 17-01-09
<b>Mañana</b> 9:00 a 11:00	La investigación y el desarrollo (I+D) en la Industria Agroalimentaria. Dr. Milber Ureña P.	Optimización de formulaciones. Método de Taguchi. Dr. Milber Ureña P.	La investigación y el desarrollo (I+D) en la Industria Agroalimentaria. Dr. Milber Ureña P.	Energía Eólica Dr. José Luis Calle M.	Experiencias en producción de Biodiesel a pequeña escala en la UNALM Dr. José Luis Calle M.	Entrega de Trabajos Dr. Milber Ureña P.
11:00 a 11:30	PAUSA		PAUSA	PAUSA	PAUSA	
11:30 a 12:30	La creatividad. Tormenta de ideas. Productos nuevos, renovados, reformulados, patrones e ideales. Dr. Milber Ureña P.	Optimización de Procesos. Método de Superficie de Respuesta. Dr. Milber Ureña P.	Parorama Energético mundial y en el Perú Dr. José Luis Calle M.	Energía Hidráulica convencional y o convencional Dr. José Luis Calle M.	Otras energías limpias: Maremotriz, Geotérmica, Celdas de combustible. Dr. José Luis Calle M.	Entrega de Trabajos Dr. Milber Ureña P.
12:30 a 2:30			ALMUERZO	ALMUERZO	ALMUERZO	
<b>Tarde</b> 2:30 a 4:30	Generación de ideas. Tamizado. Desarrollo y prueba de concepto. Dr. Milber Ureña P.	Optimización de procesos. Método de Variación No significativa en Cinética (VNSC). Dr. Milber Ureña P.	Energía Solar. Fotovoltaica. Dr. José Luis Calle M.	Prácticas de Energía Solar. Dr. José Luis Calle M.	Prácticas de <u>Biodisel</u> . Dr. José Luis Calle M.	Entrega de Trabajos Dr. Milber Ureña P.
4:30 a 5:30	Estrategia de Marketing. Dr. Milber Ureña P.	Diseño de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos. Dr. David Campos G.	Energía Solar. Térmica. Dr. José Luis Calle M.	Prácticas de Energía Solar. Dr. José Luis Calle M.	Prácticas de <u>Biodisel</u> . Dr. José Luis Calle M.	Entrega de Trabajos Dr. Milber Ureña P.
5:30 a 6:30	Desarrollo y prueba del producto. Empaques. Dr. Milber Ureña P.					
6:30 a 7:00		PAUSA	PAUSA	PAUSA	PAUSA	
7:00 a 8:00	La evaluación sensorial en el desarrollo de nuevos productos. Pruebas con consumidores. Dr. Milber Ureña P.	Diseño de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos. Dr. David Campos G.	Energía de la Biomasa Dr. José Luis Calle M.	Prácticas de Energía Solar. Dr. José Luis Calle M.	Energía de la Biomasa Dr. José Luis Calle M.	Entrega de Trabajos Dr. Milber Ureña P.
8:00 a 9:00	Optimización de formulaciones. Diseño Factorial. Screening. Repeticiones en el Punto central. Dr. Milber Ureña P.					

## Anexo 6: Silabo de Energía Solar Fotovoltaica y Eólica



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA "LA MOLINA"



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

### SILABO DE LA ASIGNATURA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EÓLICA.

#### 1. DATOS GENERALES:

1.1. CÓDIGO	:	:
1.2. CRÉDITOS	:	3
1.3. HORAS	:	4
HORAS TEÓRICAS	:	2
HORAS PRÁCTICA	:	2
1.4. REQUISITOS	:	Física general, cálculo integral.
1.5. PROFESORES	:	José Luis Calle Maraví, PhD. <a href="mailto:jlcalles@lamolina.edu.pe">jlcalles@lamolina.edu.pe</a> Kenyi G. Cavalcanti Cárdenas, Mg. Sc. <a href="mailto:kcavalcanti@lamolina.edu.pe">kcavalcanti@lamolina.edu.pe</a>
1.6. CICLO ACADÉMICO	:	2021-I.

#### 2. SUMILLA:

El curso pertenece a la línea de investigación de "Hidrología, hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático", su carácter es electivo de naturaleza teórica-práctica. Su propósito es impartir conocimientos a los estudiantes sobre la energía solar fotovoltaica y eólica, así como sus aplicaciones en diversos sectores.

Actualmente, el aprovechamiento de energías renovables es un factor de mucho interés a diferentes escalas de la actividad humana. En especial, en una gran mayoría de países desarrollados y en desarrollo, los sistemas eléctricos han incorporado fuentes de energía renovable entre las cuales destacan la energía eólica y la solar. La operación de estos sistemas, así como la planificación del despacho y su gestión de energía requieren un conocimiento básico del funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos y eólicos.

Desde esta perspectiva, el presente curso tiene como objetivo lograr un desempeño óptimo en el diseño y gestión de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos alineados a las estrategias y buenas prácticas sociales, ambientales y climáticas a fin de impulsar un desarrollo productivo y resiliente.

### 3. COMPETENCIA, HABILIDADES O CAPACIDADES A LOGRAR

#### Competencia(s) del perfil de egreso:

La asignatura de "Introducción a la energía solar fotovoltaica y eólica" desarrolla capacidades que permitirán al estudiante lograr las siguientes competencias del perfil del egresado del programa de Ingeniería Agrícola:

**CE.01:** Conoce instrumentos de planificación y formulación de proyectos en ingeniería, para el desarrollo de infraestructura productiva y social; aprovechamiento y uso eficiente de los recursos hídricos; la mecanización y modernización de la agricultura y el uso eficiente de las energías.

**CE.02:** Conoce y aplica conceptos y herramientas para diseñar obras de infraestructura productiva, social y de servicios: obras de infraestructura hidráulica, sistemas de riego tecnificado, así como también en la prevención y mitigación de desastres.

#### Capacidades desarrolladas en la asignatura

- ✓ **Capacidad 1:** Comprende y explica los fundamentos del aprovechamiento energético en proyectos solares fotovoltaicos y eólicos.
- ✓ **Capacidad 2:** Comprende el uso y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica y eólica, así como su aplicación en diferentes situaciones.
- ✓ **Capacidad 3:** Calcula el requerimiento energético y elige los componentes necesarios para un adecuado dimensionamiento fotovoltaico y eólico.

#### 4. INDICADORES DE LOGRO (para cada capacidad)

	CONCEPTUALES	PROCEDIMENTALES	ACTITUDINALES
CAPACIDAD 1	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Comprende los fundamentos del aprovechamiento energético en proyectos solares fotovoltaicos</li><li>✓ Comprende los fundamentos del aprovechamiento energético eólicos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Explica los fundamentos del aprovechamiento energético en proyectos solares fotovoltaicos.</li><li>✓ Explica los fundamentos del aprovechamiento energético en proyectos eólicos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Disposición para comprender, aplicar y discutir los temas enseñados.</li><li>✓ Participa de forma activa en el equipo de trabajo, compartiendo información y conocimientos.</li></ul>
CAPACIDAD 2	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Comprende el uso y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica y su aplicación en diferentes situaciones.</li><li>✓ Comprende el uso y aprovechamiento de las fuentes disponibles de energía y su aplicación en diferentes zonas rurales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Calcula y analiza la eficiencia de la instalación solar fotovoltaica en diferentes situaciones.</li><li>✓ Calcula y analiza la eficiencia de la instalación eólica en diferentes situaciones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Disposición para comprender, aplicar y discutir los temas enseñados.</li><li>✓ Participa de forma activa en el equipo de trabajo, compartiendo información y conocimientos.</li></ul>

	CONCEPTUALES	PROCEDIMENTALES	ACTITUDINALES
CAPACIDAD 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Analiza el requerimiento energético y elige los componentes necesarios para un adecuado dimensionamiento fotovoltaico</li> <li>✓ Analiza el requerimiento energético y elige los componentes necesarios para un adecuado dimensionamiento eólico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Calcula el requerimiento energético y dimensiona los componentes necesarios para un adecuado dimensionamiento fotovoltaico.</li> <li>✓ Calcula el requerimiento energético y dimensiona los componentes necesarios para un adecuado dimensionamiento eólico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disposición para comprender, aplicar y discutir los temas enseñados.</li> <li>✓ Participa de forma activa en el equipo de trabajo, compartiendo información y conocimientos.</li> </ul>

## 5. PROGRAMACIÓN CALENDARIZADA DE CONTENIDOS

Semana 1	<b>CAPÍTULO 1: Introducción a las energías renovables.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes podrán explicar y analizar el contexto nacional e internacional de las energías renovables, sus beneficios y desafíos.	
	CONTENIDO	<p><b>CONCEPTUAL</b></p> <p>Define las energías renovables y no renovables y el mix energético, así como su problemática. Analiza la problemática con las energías renovables, poniendo énfasis en la energía solar fotovoltaica y eólica.</p>
	PROCEDIMENTAL	<p>Análisis de los desafíos y retos de las energías renovables en el contexto internacional y nacional.</p>
ACTITUDINAL	<p>Disposición para comprender la importancia de los desafíos y retos del cambio climático en el contexto internacional y nacional.</p>	
<p><b>Lecturas obligatorias:</b> Energías Renovables en el Perú, tendencias de la matriz energética, ciudades 100 % renovables</p>		
<p><b>Bibliografía sugerida</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calvo, Eduardo. 2008. Inventario Integrado de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Perú en el Año 2000. Informe preparado para el Ministerio del Ambiente en el marco del proyecto "Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Marzo 2009.</li> <li>2. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA). (2004). Diagnóstico de la Situación Actual del Uso de la Energía solar y Eólica en el Perú. Lima: MEM.</li> <li>3. Matriz Energética en Perú y Energías Renovables. Pedro Gamio Aita, 2010</li> </ol>		

<b>Semana 2</b>	<b>CAPÍTULO 2: Módulos fotovoltaicos 1</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes podrán comprender el funcionamiento de un módulo fotovoltaico, los procesos físicos que permiten la generación de energía eléctrica y sus principales componentes.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Define una célula solar fotovoltaica, el efecto fotoeléctrico, campo fotovoltaico y seguimiento del punto de máxima potencia, nuevos tipos de células fotovoltaicas.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Explica el proceso constructivo de un módulo fotovoltaico, las diferentes tecnologías de paneles solares y sus características.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender el funcionamiento de un módulo solar fotovoltaico y las variables relacionadas a su buen funcionamiento.
<b>Lecturas obligatorias:</b> Fuentes de Energía en el Perú		
<b>Bibliografía sugerida</b>		
1. <a href="https://es.scribd.com/document/333211061/Fuentes-de-Energia-en-El-Peru">https://es.scribd.com/document/333211061/Fuentes-de-Energia-en-El-Peru</a>		

<b>Semana 3</b>	<b>CAPÍTULO 3: Módulos fotovoltaicos 2.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes podrán comprender los factores que afectan al rendimiento, la asociación entre módulos y el efecto de las variables ambientales sobre la eficiencia energética.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Comprende y analiza los factores que afectan al rendimiento energético del módulo fotovoltaico. Analiza el comportamiento de un sistema fotovoltaico en serie y paralelo.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Calcula y analiza la eficiencia energética de los módulos fotovoltaicos y el efecto de las variables ambientales como la temperatura, irradiancia, entre otros.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender el funcionamiento de un módulo solar fotovoltaico y las variables relacionadas a su buen funcionamiento.
<b>Lecturas obligatorias:</b> Fuentes de Energía en el Perú		
<b>Bibliografía sugerida</b>		
2. <a href="https://es.scribd.com/document/333211061/Fuentes-de-Energia-en-El-Peru">https://es.scribd.com/document/333211061/Fuentes-de-Energia-en-El-Peru</a>		

<b>Semana 4</b>	<b>CAPÍTULO 4: PROSPECCIÓN DEL RECURSO SOLAR.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes podrán comprender conceptos relacionados a la prospección del recurso solar, analizando las condiciones de irradiancia, temperatura, sombreado, entre otros.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Comprende y analiza tablas de radiación solar, y conceptos relacionados con orientación, inclinación y sombra sobre paneles.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Mide la irradiancia de un lugar y utiliza información de irradiancia solar de fuentes secundarias como programas de diseño, datos satelitales, atlas solar, etc.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de un buen trabajo de prospección solar para el desarrollo de un proyecto fotovoltaico.
<b>Lecturas Obligatorias:</b> Desarrollo de la energía solar en el Perú		

**Bibliografía sugerida**  
 1. <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

<b>Semana 5</b>	<b>CAPÍTULO 5: COMPONENTES DE UN SFV.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes comprenden el funcionamiento de cada componente del sistema fotovoltaico, los criterios para su elección y su dimensionamiento.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Conoce los criterios para el dimensionamiento de un sistema FV aislado doméstico;
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Aplica métodos de diseño en viviendas rurales, cálculos y equipamiento. Aplicaciones en bombeo solar.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de cada componente de un sistema fotovoltaico para el desarrollo de un proyecto fotovoltaico.
<b>Lecturas obligatorias<sup>1</sup>:</b> DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 15 COMPUTADORAS PORTÁTILES EN LA PUCP		
<b>Bibliografía sugerida:</b> 1. <a href="http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%C3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1">http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%C3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1</a>		

<b>Semana 6 y 7</b>	<b>CAPÍTULO 6: DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA SOLAR FV AISLADO</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes son capaces de dimensionar un sistema fotovoltaico de sistemas aislados y conectados a red.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Comprende los criterios para el dimensionamiento, la implementación e instalación de sistemas autónomos y conectados a la red.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Aplica métodos de diseño en viviendas rurales, cálculos y equipamiento.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de un adecuado dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.
<b>Lecturas obligatorias<sup>1</sup>:</b> DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 15 COMPUTADORAS PORTÁTILES EN LA PUCP		
<b>Bibliografía sugerida:</b> 1. <a href="http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%C3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1">http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%C3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1</a>		

**Semana 8: EXAMEN PARCIAL.**

<b>Semana 9</b>	<b>CAPÍTULO 7: ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes conocen los diversos sistemas de almacenamiento de energía, su principio de funcionamiento y las condiciones que afectan su funcionamiento	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Conoce el sistema de baterías de ion litio, baterías Li Ternaria y LFP, baterías Li-MnO <sub>2</sub> y Li-Po. Analiza curvas de rendimiento de baterías y los criterios de elección con fines de almacenamiento de energía solar.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Analiza las condiciones para un buen almacenamiento de energía y las condiciones que afectan su rendimiento.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de un buen sistema de almacenamiento para un proyecto fotovoltaico.
<b>Lecturas obligatorias<sup>1</sup>:</b> Eficiencia energética según el banco mundial		
<b>Bibliografía sugerida</b> <a href="http://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/energy-efficiency">http://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/energy-efficiency</a>		

<b>Semana 10 y 11</b>	<b>CAPÍTULO 8: ENERGÍA EOLICA 1.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes conocen conceptos relacionados a la energía eólica, factores de diseño, sistemas offshore e <del>inshore</del> , sus impactos ambientales, y subastas de energía en el Perú.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Explica conceptos relacionados a la energía eólica, factores de diseño, sistemas offshore e <del>inshore</del> .
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Explica el proceso constructivo de un módulo fotovoltaico, las diferentes tecnologías de paneles solares y sus características.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender el funcionamiento de un módulo solar fotovoltaico y las variables relacionadas a su buen funcionamiento.
<b>Lecturas obligatorias:</b> 10 mayores parques eólicos del mundo		
<b>Bibliografía sugerida</b> <a href="https://www.aeeolica.org/es/new/reve-los-10-mayores-parques-eolicos-del-mundo/">https://www.aeeolica.org/es/new/reve-los-10-mayores-parques-eolicos-del-mundo/</a>		

<b>Semana 12 y 13</b>	<b>CAPÍTULO 9: ENERGÍA EOLICA 2</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes son capaces de dimensionar un sistema eólico de sistemas aislados.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Define el potencial eólico. Clasificación, tipos y componentes de aerogeneradores. Los procesos de implementación de parque eólico.
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Aplica métodos de diseño eólico en viviendas rurales, cálculos y equipamiento.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de un adecuado dimensionamiento de un sistema eólico.
<b>Lecturas obligatorias:</b> 10 mayores parques eólicos del mundo		
<b>Bibliografía sugerida</b> <a href="https://www.aeeolica.org/es/new/reve-los-10-mayores-parques-eolicos-del-mundo/">https://www.aeeolica.org/es/new/reve-los-10-mayores-parques-eolicos-del-mundo/</a>		

<b>Semana 14</b>	<b>CAPÍTULO 11: PROYECTOS EN ERnC</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes analizan la viabilidad económica financiera, socio ambiental. Así mismo, comprenden los acuerdos con el operador/distribuidor de red, sus aspectos comerciales y contractuales, así como la regulación y autorizaciones para la implementación y puesta en marcha del proyecto.	
	<b>CONTENIDO</b>	
	<b>CONCEPTUAL</b>	Analizar la viabilidad económica financiera, socio ambiental. Analizan los acuerdos con el operador/distribuidor de red, sus aspectos comerciales y contractuales, así como la regulación y autorizaciones para la implementación y puesta en marcha del proyecto
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Expone diversos casos de implementación de proyectos de energía renovable no convencional.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender la importancia de un proyecto de energía renovable no convencional, así como sus aspectos comerciales y contractuales.
<b>Lecturas obligatorias:</b>		
<b>Bibliografía sugerida</b>		

<b>Semana 15 y 16</b>	<b>CAPÍTULO 14: EFICIENCIA ENERGÉTICA.</b>	
	<b>Logro:</b> Al final del capítulo, los estudiantes analizan los principios de generación distribuida, las microrredes de energía eléctrica y enfoques de eficiencia energética.	
	<b>CONTENIDO</b>	<p><b>CONCEPTUAL</b></p> <p>Conoce los principios de generación distribuida, microrredes de energía eléctrica, sistema de control inteligente. Conoce los principios de los Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001, así como la certificación y etiquetado energético</p>
	<b>PROCEDIMENTAL</b>	Explica y aplica los principios de eficiencia energética y sostenibilidad y las normas e instrumentos de eficiencia energética.
	<b>ACTITUDINAL</b>	Interés por comprender los enfoques de eficiencia energética.
<b>Lecturas obligatorias:</b>		
<b>Bibliografía sugerida:</b>		

Semana 17 y 18: EXAMEN FINAL

## 6. PROGRAMA CALENDARIZADO DE PRÁCTICAS

Nº	Semana	Título
1	1	Conceptos básicos de física. Potencia mecánica y eléctrica. Equivalencias de energía. Formulas, unidades y medidas.
2	2 y 3	Solar fotovoltaica: descripción y manejo de equipos e instrumentos, ensamblaje y desensamblaje, mediciones y dimensionamiento.
3	4 y 5	Pruebas de campo con sistemas FV, cálculo de curvas de eficiencia y mediciones eléctricas.
4	6 y 7	Pruebas de campo; continuación con pruebas de campo en energía FT, transferencia de masa y energía.
5	8	<b>SEMANA DE EXÁMENES MEDIO CURSO</b>
6	9	Viaje de prácticas; salidas locales y a provincias
7	10 y 11	Energía eólica; mediciones del viento, cálculo de potencia y descripción de equipos eólicos de pequeña potencia.
8	12 y 13	Pruebas de campo con sistemas eólicos, cálculo de curvas de eficiencia y mediciones eléctricas.
9	14, 15 y 16	Presentación de trabajos de fin de curso.
10	17 y 18	<b>SEMANA DE EXÁMENES FINALES</b>

\* Las prácticas de laboratorio y las salidas de campo se regirán de acuerdo a las circunstancias (disponibilidad de tiempo, pasajes, costos y especialmente el "clima") pudiendo ser reprogramadas.

## 7. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

### a. MÉTODOS DIDÁCTICOS

- Clase magistral.
- Método experimental
- Método colectivo
- Método aula laboratorio

### b. TÉCNICAS DIDÁCTICAS

- Trabajos cooperativos.
- Presentaciones.
- Discusión.
- Experimentos.
- Rompecabezas
- Laboratorio.
- Demostración.

### c. RECURSOS DIDÁCTICOS:

- Multimedia
- Pizarra.
- Fotografías.

### d. ESCENARIO:

- Aula de clases.
- Laboratorio de Energías Renovables. Centro de Capacitación para el Desarrollo (CECADE) Cusco.

## 8. RESPONSABILIDAD SOCIAL

La responsabilidad social en la presente asignatura se realiza de la siguiente manera:

Ámbito	Descripción
Académico	Inclusión de conceptos de responsabilidad social en los capítulos que componen la asignatura
Investigación	Análisis del impacto de las investigaciones en el bienestar de la sociedad
Extensión	Ejercicios de transferencia de tecnología y/o competencias

## 9. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se muestra a continuación los criterios para la evaluación del curso:

Informes de laboratorio.	25%
Proyecto final	25%
Examen medio curso	25%
Examen final	25%

Capacidades	Metodología	Ponderación de criterios	Criterios de evaluación
Conceptuales	a. Exámenes orales b. Discusiones de clase c. Prácticas de laboratorio d. Prácticas de campo y elaboración de informes.	50	Responden adecuadamente las preguntas orales y escritas. Participación y puntualidad. Manejan adecuadamente los instrumentos y equipos de laboratorio. Redacción técnica coherente de los informes.
Procedimentales	e. Practica de laboratorio e informes f. Prácticas de campo y elaboración de informes	40	Utiliza unidades, medidas, y fórmulas de energía correctas. Redacción técnica coherente de los informes.
Actitudinales	g. Exámenes orales y escritos. h. Elaboración de informes	10	Puntualidad, responsabilidad, actitud y participación. Responden adecuadamente las preguntas. Redacción técnica coherente.
		<b>100%</b>	

#### 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argul, F.j. (2004). Edificios fotovoltaicos. Técnicas y programas de simulación. España. 169p.
- Castro Gil, Manuel-Alonso (2008). Monografías técnicas de energías renovables. Energía solar fotovoltaica. España. 68 p.
- Castro Gil, Manuel-Alonso (2008). Monografías técnicas de energías renovables. Sistemas de Bombeo Eólicos y Fotovoltaicos. España. 89 p.
- Centro de Energías Renovables (1990), Programa de Energías Renovables No-Convencionales (ER&NC) en Universidades Nacionales. Diagnóstico de la situación y propuesta para un plan de capacitación. Estudio de ER&CN de la UNI con apoyo de la GTZ Alemana Lima – Perú.
- Cushion, Elizabeth (2009). Bioenergy development: issues and impacts for poverty and natural resource management. Washington, D.C.. 249 p
- Damien, Alain (2010). La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Madrid. 267p.
- Elías Castels, Xavier, Diaz De Santos (2005). Tratamiento y Valoración Energética de Residuos. España. 1256 p.
- Enríquez Harper, Gilberto (2011). El ABC de las instalaciones eléctricas en sistema eólicos y fotovoltaicos. México. 368p.
- Fernández Salgado, José María (2009). Tecnología de las energía renovables. Madrid. 390p.
- Fernández Salgado, José María (2010). Guía completa de la biomasa y los biocombustibles. Madrid-España. 319p
- Fuentes Brieva, Ángel (2005). Prácticas de energía solar fotovoltaica. España. 228p.

12. Gipe, Paul (2001). Energía eólica práctica. España. 192p
13. Ibañez Plana, M (2005). Tecnología Solar. Madrid. 544p.
14. Jewell, J. (1975), "Energy, Agriculture and Waste Management". Publicación Ann Arbor Science.
15. Makkar, H. P. S. (2012). Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges. Roma. FAO. 553 p.
16. Ministerio de Energía y Minas. Proyecto para Ahorro de Energía. Carl Djusberg gesellschaft e.x. (1999). Uso racional de energía: eficiencia energética y energías renovables: manual para consultores y expertos.. 1 v. [paginación varia].
17. Sebastian Nogues, Fernando (2010). Energía de la biomasa Tomo I. España. 557p.
18. Sebastian Nogues, Fernando (2010). Energía de la biomasa Tomo II. España. 654 p.
19. Ortiz Flórez, Ramiro (2011). Pequeñas centrales hidroeléctricas. Bogotá. 384 p
20. Peña Dávila, J., "Energía en Agricultura", Arequipa – Perú, 1992
21. Rousset Patrick, coordinateur (2008), Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. CIRAD-Brasilia. 288p
22. Rufes, Pedro (2009). Energía solar térmica. Técnicas para su aprovechamiento. España. 306p.
23. Sánchez Maza, Miguel Angel, coord. (2010). Energía solar térmica. México D.F. 232p.
24. Valera, A. (1986), "Electricidad Solar", UNI, Lima – Perú
25. Vieira Posada, Edgar, ed (2009). Tendencias mundiales y latinoamericanas en el uso de recursos energéticos. Bogotá. 251p.

#### ***Direcciones Internet***

- [jademountain.com](http://jademountain.com) Libros, productos, actualidades en Energías Renovables.
- [itdg.org.pe](http://itdg.org.pe); Libros, revistas, artículos, capacitación en Tecnología intermedia y Energías Renovables; [Renovables.com](http://Renovables.com). Artículos, actualidades, descubrimientos en Energías Renovables.

#### ***Organizaciones, Congresos, Symposiums, Seminarios, Cursos y Talleres***

- Boletín de las Energía Renovables y el periodismo de las energías limpias.
- World Wind Energy Association (WWEA)
  - Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)
  - Centro de Estudios en energía solar (CENSOLAR)
  - Documentos, presentaciones de los últimos eventos que se cuelgan el aula virtual de la UNALM

La Molina, marzo 2021

KCC

## **Anexo 7: Silabo de Bioenergía a partir de residuos agropecuarios y agroindustriales (en revision por la Dra. Judith Ramirez C.).**

### **SÍLABO**

#### **I. DATOS GENERALES**

<b>Asignatura</b>	<b>: BIONERGIA A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES</b>
<b>Código</b>	<b>:</b>
<b>Teoría</b>	<b>: 2 horas semanales</b>
<b>Práctica</b>	<b>: 2 horas semanales</b>
<b>Créditos</b>	<b>: 3</b>
<b>Requisito</b>	<b>: Haber aprobado 120 créditos</b>

#### **II. JUSTIFICACIÓN**

Se define a la Biomasa como el conjunto de plantas terrestres y acuáticas con sus derivados, subproductos y residuos producidos en su transformación. La producción de energía que se derive de ella se denomina energía de la Biomasa o Bionergía.

En los últimos años, la generación de energía de fuentes nuevas y alternas ha llamado la atención como una opción ecológica a la energía fósil, especialmente en aplicaciones para la generación de calor y potencia, y la co-combustión para la generación de bioelectricidad (FAO 2013).

El crecimiento de las actividades agropecuarias y agroindustriales ha generado un incremento de material residual en sus procesos de transformación. Existen residuos de biomasa en estos sectores que no son reutilizadas y presentan condiciones para su aprovechamiento energético. Estos residuos son almacenados, quemados en centros de acopio o arrastrados por la corriente de los ríos en época de crecida, constituyéndose en un problema ambiental por emisión de gases o lixiviación.

Por otro lado, resulta de importancia promover fuentes energéticas que aseguren un suministro sostenible y eficiente en términos de viabilidad social, económica y ambiental en estas actividades. Una alternativa para promover el acceso a una fuente nueva de energía podría ser el uso de la biomasa residual para la generación de energía eléctrica y/o térmica y paralelamente contribuir en la gestión de los residuos acorde con la búsqueda de la sostenibilidad ambiental.

#### **III. OBJETIVOS:**

Impartir conocimientos a los estudiantes sobre la disponibilidad de fuentes de biomasa residual provenientes de las actividades agropecuarias y agroindustriales para la generación de energía.

Analizar el contexto actual a nivel internacional y nacional, los retos de la bioenergía y sus aplicaciones potenciales en el ámbito doméstico e industrial. Determinar los principios de su funcionamiento, clasificación y métodos de transformación de la bioenergía.

Ejecutar ejercicios básicos de dimensionado, prueba de equipos y revisión de tecnologías orientadas a resolver problemas de abastecimiento energéticos y gestión de residuos.

#### **IV. CONTENIDO ANALÍTICO**

##### **SEMANA 1 y 2:**

Introducción. Situación actual, barreras y retos para el desarrollo de la bionergía a nivel mundial. Panorama nacional agropecuario y agroindustrial. Potencial de la bioenergía en el Perú.

##### **SEMANA 3:**

Definiciones y generalidades. Producción directa e indirecta de biomasa. Fuentes de bionergía. Tipos y clasificación.

##### **SEMANA 4:**

Evaluación del recurso biomásico. Metodologías de evaluación. Aplicaciones del SIG y la teledetección en la evaluación del potencial bionergético.

##### **SEMANA 5:**

Consideraciones energéticas de la biomasa. Caracterización de la Biomasa. Propiedades Fisicoquímicas. Composición química elemental e inmediata de combustibles de biomasa. Poder calórico.

##### **SEMANA 6 y 7:**

Métodos de transformación de la biomasa en energía. Transformaciones termoquímicas y Biológicas.

##### **SEMANA 8:**

EXAMEN DE MEDIO CURSO

##### **SEMANA 9 y 10:**

Biocombustible gaseosos. Principios básicos. Materias primas agroindustriales y agropecuarias. Caracterización y pre tratamientos. Costos de producción. Biogás. Biohidrógeno y bio-SNG (Syngas). Requerimientos del proceso. Aplicaciones generales en consumo doméstico e industrial.

##### **SEMANA 11 y 12:**

Biocombustibles líquidos y Biocarburantes. Principios básicos. Materias primas agroindustriales y agropecuarias para la obtención de los biocarburantes (primera y segunda generación). Requerimientos del proceso. Costos de producción. Consideraciones ambientales de la producción y uso de los biocarburantes. Aplicaciones generales en consumo doméstico e industrial.

##### **SEMANA 13 y 14:**

Biocombustibles sólidos. Principios básicos. Dendroenergía. Materias primas agroindustriales y agropecuarias. Requerimientos del proceso. Costos de producción. Caracterización y pre tratamientos. Leña, pellets y briquetas. Aplicaciones generales en consumo doméstico e industrial.

##### **SEMANA 15:**

Proyecto energético.

##### **SEMANA 16:**

EXAMEN FINAL

## **V. PROGRAMA DE PRÁCTICAS**

### **SEMANA 1:**

Clase introductoria; metodología, manejo de instrumentos y equipos.

### **SEMANA 2 y 3:**

Cálculo de conversión de unidades energéticas utilizadas en Bionergía. Fórmulas, unidades, y medidas.

### **SEMANA 4:**

Evaluación del potencial del recurso biomásico. Revisión de caso de aplicación

### **SEMANA 5 y 6:**

Caracterización teórica y práctica de fuentes de biomasa agroindustrial y agropecuaria

### **SEMANA 7:**

Visita de campo. Planta de Generación de Bioenergía.

### **SEMANA 8:**

#### **SEMANA DE EXÁMENES MEDIO CURSO**

### **SEMANA 9 y 10:**

Biocombustibles gaseosos. Digestión anaeróbica para la generación de biogás y biol. Caracterización de los productos generados.

### **SEMANA 11 y 12:**

Biocombustibles líquidos: producción de biodiesel a partir de grasa animal y aceite vegetal residual. Caracterización de los productos generados.

### **SEMANA 13:**

Viaje de Prácticas; salidas locales u a provincias. Visita a Planta Piloto.

### **SEMANA 14:**

Biocombustibles sólidos: producción de calor. Caracterización de los productos generados.

### **SEMANA 15:**

Presentación de trabajos de fin de curso. Proyecto energético.

### **SEMANA 16:**

#### **SEMANA DE EXÁMENES FINALES**

## **VI. SISTEMA DE EVALUACIÓN**

Informes y pasos de prácticas	40%
Proyecto	20%
Examen medio curso	20%
Examen final	20%

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

1. Barbosa, Luis, Silva Electo y Olivares Edgardo (2008). Biomassa para energía. Campinas-Brasil. 728p.
2. Cushion, Elizabeth (2009). Bioenergy development: issues and impacts for poverty and natural resource management. Washington, D.C.. 249 p

3. Damien, Alain (2010). La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Madrid. 267p.
4. Elías Castels, Xavier, Diaz De Santos (2005). Tratamiento y Valoración Energética de Residuos. España. 1256 p.
5. Fernández Salgado, José María (2009). Tecnología de las energía renovables. Madrid. 390p.
6. Fernández Salgado, José María (2010). Guía completa de la biomasa y los biocombustibles. Madrid-España. 319p
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO (2010). Bioenergía y Seguridad Alimentaria BEFS. El análisis BEFS para el Perú: Resultados y conclusiones. Volumen I. Roma. 147p.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO (2010). Bioenergía y Seguridad Alimentaria BEFS. El análisis BEFS para el Perú: Metodologías. Volumen II. Roma. 170p.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO (2010). Bioenergía y Seguridad Alimentaria BEFS. El análisis BEFS para el Perú: Apoyo a la política bionergética en Perú. Roma. 87p.
10. Jewell, J. (1975), "Energy, Agriculture and Waste Management". Publicación Ann Arbor Science.
11. Makkar, H. P. S. (2012). Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges. Roma. FAO. 553 p.
12. Peña Dávila, J., "Energía en Agricultura", Arequipa – Perú, 1992
13. Rousset Patrick, coordinateur (2008), Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. CIRAD-Brasilia. 288p
14. Sebastian Nogues, Fernando (2010). Energía de la biomasa Tomo I. España. 557p.
15. Sebastian Nogues, Fernando (2010). Energía de la biomasa Tomo II . España. 654 p.
16. Vieira Posada, Edgar, ed (2009). Tendencias mundiales y latinoamericanas en el uso de recursos energéticos. Bogotá. 251p.

### Anexo 8: Curso extracurricular de Energía Fotovoltaica y su aplicación en bombeo de agua



### Anexo 9: Capacitación sobre la producción de biodiesel



**Anexo 10: Capacitación sobre Introducción a la Bioenergía – CÍPB/LER**



### Anexo 11: Simposio sobre aplicaciones de la biomasa residual – CIPB/LER



### Anexo 12: Premiación por subvención de proyectos de investigación al CIPB - LER



**Anexo 13: Panel informativo sobre la producción de biodiesel a partir de aceites usados y grasa animal – CIPB/LER**



## ACEITES USADOS Y GRASA ANIMAL: BIODIÉSEL

CÍRCULO DE INVESTIGACIÓN DE PIRÓLISIS Y BIOMASA

Los aceites contienen triglicéridos que pueden ser utilizados para la elaboración del biodiesel.



En la industria alimentaria y otros, se generan grandes volúmenes de aceite vegetal usado debido a la alta demanda de los productos fritos, generando impactos en el ambiente.

Entre las materias primas alternativas, destacan también las grasas animales, como el sebo de vaca, procedentes de mataderos e industrias de transformación animal.



Por lo que se propone su uso como aditivo del biodiésel o mezclas.

El proceso para convertir el aceite en biodiésel, es una reacción de transesterificación, donde se obtiene un alto contenido de ésteres metílicos de ácidos grasos. En el caso de las grasas transesterificación por vía enzimática.

$$\begin{array}{c}
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2 \\
 | \\
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH} \\
 | \\
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2
 \end{array}
 + 3 \text{CH}_3\text{OH}
 \xrightarrow{\text{NaOH catalizador}}
 3 \begin{array}{c}
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\
 | \\
 \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3
 \end{array}
 + \begin{array}{c}
 \text{CH}_2\text{OH} \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{OH} \\
 | \\
 \text{CH}_2\text{OH}
 \end{array}$$

Triglicérido      Metanol                      Biodiésel              Glicerina

Estudios plantean la posibilidad de obtener biodiésel a partir de estas materias primas, por ser barata.

Además, la utilización de aceites usados contribuye a una buena gestión y uso del residuo. Así como también la revalorización y aprovechamiento de los residuos grasos animales.



En Europa, se dio inicio al proyecto Life Superbiodiesel para la producción de biodiesel a partir de residuos animales empleando una nueva tecnología de transesterificación de grasas utilizando tecnologías en condiciones supercríticas con nuevos catalizadores heterogéneos.



En el Perú, empresas de transporte de carga como Pikango emplean el biodiésel como su principal combustible.



ReBorn Perú es una empresa que produce biodiésel a base de aceites vegetales usados.



 Círculo de Investigación de Pirólisis y Biomasa

 [cipb\\_unalm@lamolina.edu.pe](mailto:cipb_unalm@lamolina.edu.pe)

**Anexo 14: Publicación de un artículo científico en una revista indexada realizado en el Laboratorio de Energías Renovables por miembros del CIPB**



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**Tratamiento de efluentes de una granja porcina mediante bioceldas para la generación de bioelectricidad**

Swine wastewater treatment using microbial fuel cells for bioelectricity generation

**Jaime Cachay<sup>1,\*</sup>; David Vargas<sup>1</sup>; Brandon Leyva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n – Lima, Perú.

ORCID de los autores

J. Cachay: <https://orcid.org/0000-0001-5554-0918>

D. Vargas: <https://orcid.org/0000-0002-3363-323X>

B. Leyva: <https://orcid.org/0000-0002-3109-3022>

**Anexo 15: Exposición sobre las energías renovables – CIERVEE/LER**

