

Propuesta de diseño de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad

Antonio Nariño.

Un Trabajo De Grado Presentado Para Obtener

El Título De Ingeniero Ambiental

Universidad Antonio Nariño, Bogotá.

Monsalve Laiton Zayra Valentina & Pérez Mateus Luzdeima

Noviembre de 2020.

Universidad Antonio Nariño

Bogotá, Colombia.

Facultad de Ingeniería

Ambiental.

**Propuesta de implementación de un laboratorio de energías alternativas en la
Universidad Antonio Nariño.**

Monsalve Laiton Zayra Valentina & Pérez Mateus Luzdeima

Noviembre de 2020.

Director

Marcos Ramos

Ingeniero Ambiental

Especialista en Higiene, Seguridad y Salud En El Trabajo

Asesor

Iván Ávila León

Microbiólogo industrial

PhD en Tecnología Bioquímico Farmacéutica

Universidad Antonio Nariño

Bogotá, Colombia.

Facultad de Ingeniería

Ambiental.

Copyright © 2020 por Monsalve Zayra & Pérez Luzdeima.

Todos los derechos reservados.

Nota de aceptación:

Director: Ing. Esp. Marcos Andrés Ramos C.

Asesor: PhD. Iván Alejandro Ávila L.

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Noviembre de 2020

Dedicatoria y Agradecimientos

A Dios por guiarme en cada paso dado, a mi familia y las personas importantes de mi vida por su apoyo incondicional en cada decisión tomada a lo largo del camino. A mis docentes que dieron lo mejor de sí; por su paciencia y disposición para brindarme su conocimiento a lo largo de la carrera y en el desarrollo de este trabajo. A mi compañera y amiga Luzdeima que a lo largo de la carrera y el desarrollo del trabajo estuvo siempre conmigo.

Zayra Monsalve

Le dedico de manera especial a mi madre pues es ella fue mi principal ayuda para la construcción de mi vida profesional, por llenarme de bases como respeto, responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el reflejo de una mujer llena de virtudes y un gran corazón. A mi padre y hermanos que son personas que me han ofrecido el amor y calidez de un hogar, A mi compañera y amiga Zayra que a lo largo de la carrera y el desarrollo del trabajo estuvo siempre conmigo.

Luzdeima Pérez

Contenido

1	Resumen	12
2	Abstract	12
3	Introducción	13
4	Pertinencia social.....	13
5	Formulación y Planteamiento Del problema.....	14
6	Objetivos	15
6.1	General	15
6.2	Específicos	15
7	Normativa.....	16
7.1	Decreto 2143 de 2015	16
7.2	Decreto 2469 de 2014	16
7.3	Ley 1715 de 2014.....	16
7.4	Ley 1955 de 2019.....	16
7.5	Resolución 703 de 2018	17
7.6	Resolución 1303 de 2018	17
7.7	Resolución 1312 de 2016	17
7.8	Resolución 1283 de 2016	17
7.9	Resolución 0281 de 2015	18
7.10	Resolución 024 de 2015	18
8	Marco Conceptual	18
8.1	Desarrollo Sostenible	18
8.2	Energías Renovables	19
8.3	Energía Biomasa	20

Contenido

8.4	Energía Eólica	21
8.5	Energía Solar	22
8.6	Energía Hidráulica.....	23
9	Estado del arte	24
9.1	Laboratorios de energías alternativas en centros educativos a nivel nacional e internacional.....	24
9.2	Formas de enseñanza relacionadas a energías alternativas en centros de educación superior.....	28
10	Metodología	32
10.1	Fase 1	32
10.2	Fase 2.....	33
10.3	Fase 3.....	33
11	Resultados y análisis	34
11.1	Fase 1: Diagnóstico inicial	34
11.1.1	Investigación de laboratorios funcionales Nacionales	34
11.1.2	Investigación de laboratorios funcionales Internacionales.....	36
11.1.3	Pruebas de Laboratorio a Implementar	39
11.2	Fase 2: Identificación de requisitos mínimos de implementación.....	47
11.2.1	Requisitos mínimos para la implementación del laboratorio	47
11.3	Fase 3: Propuesta de implementación laboratorio de energías alternativas.	52
11.3.1	Tamaño del salón seleccionado para el laboratorio de Energías Alternativas	53
11.3.2	Paso a paso de cada prueba de Laboratorio de Energías Alternativas	56
11.4	Análisis de Resultados.....	63
12	Conclusiones	65

Contenido

13	Recomendaciones.....	67
14	Referencias Bibliográficas	68
15	Anexos.....	76
15.1	Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 1: Calentador Solar	76
15.2	Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 2: Cocina Solar	81
15.3	Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 3: Secador Solar	86
15.4	Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 4: Conversión de energía eólica a energía eléctrica.....	91
15.5	Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 5: Mini-Hidroeléctrica	96
15.6	Artículo.....	101

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Requisitos mínimos para el Laboratorio</i>	48
<i>Tabla 2 Materiales necesarios para la Cocina Solar</i>	48
<i>Tabla 3 Materiales necesarios para el Calentador Solar</i>	49
<i>Tabla 4 Materiales necesarios para el Secador Solar</i>	50
<i>Tabla 5 Materiales Necesarios para el Conversor de Energía Eólica en Energía Eléctrica</i>	51
<i>Tabla 6 Materiales Necesarios para la Mini - Hidroeléctrica</i>	52
<i>Tabla 7 Guía de laboratorio calentador solar</i>	76
<i>Tabla 8 Guía de laboratorio cocina solar</i>	81
<i>Tabla 9 Guía de laboratorio secador solar</i>	86
<i>Tabla 10 Guía de laboratorio conversor de energía eólica a energía eléctrica</i>	91
<i>Tabla 11 Guía de laboratorio mini- hidroeléctrica</i>	96

Lista de figuras

<i>Figura 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible.</i>	19
<i>Figura 2: Energías renovables.</i>	20
<i>Figura 3: transformación de la biomasa.</i>	21
<i>Figura 4: Parque eólico en La Guajira, Colombia.</i>	22
<i>Figura 5: paneles solares y energía solar.</i>	23
<i>Figura 6: represa e hidroeléctrica.</i>	24
<i>Figura 7: plano de la planta física para el laboratorio de micro redes, Ecuador.</i>	25
<i>Figura 8: Arquitectura para el laboratorio remoto de bajo costo</i>	27
<i>Figura 9: Ejemplo de desarrollo del curso, caso de energías renovables.</i>	31
<i>Figura 10: Calentador de Agua</i>	40
<i>Figura 11: tipos de cocinas solares</i>	41
<i>Figura 12: plano de cocina solar tipo caja</i>	42
<i>Figura 13: Secador de Frutas y hortalizas</i>	43
<i>Figura 14: Plano del secador de frutas y hortalizas</i>	44
<i>Figura 15: Prototipo de conversor de energía eólica a energía eléctrica</i>	45
<i>Figura 16: Reactores Laboratorio de Ingeniería Ambiental Sede Bogotá</i>	46
<i>Figura 17: Montaje de una Mini Hidroeléctrica.</i>	47
<i>Figura 18: Plano del salón de Laboratorio, vista lateral</i>	53
<i>Figura 19: Plano del salón de Laboratorio, vista en planta</i>	54
<i>Figura 20 : Adecuación de los ensayos de Laboratorio</i>	54
<i>Figura 21: Adecuación de las pruebas para energía solar</i>	55
<i>Figura 22: Adecuación de las pruebas para energía eólica e hidráulica</i>	55

1 Resumen

Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre de satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. El objetivo de esta investigación, es proponer la implementación de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad Antonio Nariño en la sede de Bogotá. La metodología aplicada en este proyecto es netamente teórico-investigativa ya que como su objetivo lo dice es una propuesta para implementar en un futuro. Con relación a los resultados obtenidos se presentan diferentes ensayos de laboratorio empleando en su mayoría materiales reutilizables y demostrando la funcionalidad de cada energía renovable.

Palabras clave: *Energías Alternativas, Desarrollo Sostenible, Energía Solar.*

2 Abstract

Alternative energies have acquired great importance throughout the 21st century due to man's need to satisfy his needs without altering the ecosystem balance, with the burning of fossil fuels and the increase in atmospheric temperature due to the increase in GEI gases. This is why the in-depth study of professionals in the branches of Environmental Engineering on the different sources of energy is of vital importance. The objective of this research is to propose the implementation of an alternative energy laboratory at the Antonio Nariño University at the Bogotá headquarters. The methodology applied in this project is purely theoretical-investigative since, as its objective says, it is a proposal to

implement in the future. In relation to the results obtained, different laboratory tests are presented, using mostly reusable materials and demonstrating the functionality of each renewable energy.

3 Introducción

Con el pasar del tiempo ha sido de suma importancia buscar otros tipos de energías diferentes a las derivadas de los combustibles fósiles, debido a que éstas son gran fuente de contaminantes y gases (GEI) provocando un efecto negativo tanto en la atmósfera como en el equilibrio ecosistémico. Es por esto que las energías limpias o energías alternativas tienen como principio el reemplazo de energías contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente y el ser vivo, teniendo como fuente de energía recursos renovables e inagotables, buscando así un desarrollo sostenible y sustentable.

Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

4 Pertinencia social

Con este proyecto se pretende beneficiar a los presentes y futuros estudiantes de la Universidad Antonio Nariño del programa de ingeniería ambiental sede Bogotá, ya que se pueden aumentar los conocimientos de esta población en temas relacionados con las energías limpias y llevarlos a la práctica; además de ser una fuente de investigación para posibles mejoras en cuanto a estas energías y de ayuda para aumentar la calidad de la facultad de la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá.

5 Formulación y Planteamiento Del problema

Conociendo y evidenciando todos los problemas ambientales que el hombre ha causado de forma directa e indirecta en busca de su desarrollo económico e industrial, nace una necesidad de buscar un equilibrio entre el hombre, la economía y el ambiente conocido como desarrollo sostenible (*Doménech, 2007*). Es por ello que el ingeniero ambiental tiene diversas áreas de aprendizaje tal como las energías alternativas. Actualmente estas energías tienen una gran relevancia debido a las problemáticas ambientales existentes generadas por los gases emitidos en la quema de combustibles fósiles, originando así unas altas temperaturas en la atmósfera lo que hoy es conocido como calentamiento global y produciendo un desequilibrio ecosistémico afectando todo tipo de vida en el planeta (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. 2020).

Con base en lo explicado anteriormente se propone la creación e implementación de un laboratorio de energías limpias o alternativas para la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, que pretende aumentar los conocimientos y el interés en esta rama de la ingeniería ambiental por parte de los estudiantes de esta sede, ya que no se tiene un sitio determinado para el estudio de estas tecnologías, por lo cual se genera la siguiente pregunta ¿Qué tipo de infraestructura sería viable implementar en los laboratorios de la UAN para el estudio de energías alternativas?

6 Objetivos

6.1 General

- Proponer el diseño de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá.

6.2 Específicos

- Seleccionar las pruebas de laboratorio y tecnologías más adecuadas, enfocadas en las energías alternativas.
- Identificar los espacios adecuados teniendo en cuenta los requisitos mínimos para su funcionamiento y a partir de esto implementar el laboratorio.
- Adecuar el diseño del laboratorio (recursos, materiales reutilizables, entre otros) a las condiciones de la Universidad.

7 Normativa

A continuación se presentan algunas de las Normas y Leyes legales vigentes más importantes en Colombia al año 2020, relacionadas a las Energías Renovables NO convencionales y reguladas por los entes de control correspondientes.

7.1 Decreto 2143 de 2015

El Ministerio de Minas y Energías, establece el decreto reglamentario administrativo y sus lineamientos para los incentivos establecidos en la ley 1715/2014, con relación a los proyectos (FNCER) y el aumento y desarrollo de ellos y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de minas y energías, 2015*).

7.2 Decreto 2469 de 2014

Este decreto es reglamentado por el Ministerio de Minas y Energía, donde establecen los diferentes lineamientos referentes a la entrega de todos los excedentes de la autogeneración energética y se dan otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de minas y energías, 2014*).

7.3 Ley 1715 de 2014

En esta ley se regula la utilización y el desarrollo de las energías alternativas al Sistema Nacional Energético; esencial para el desarrollo económico y sostenible y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Congreso de la República de Colombia, 2014*).

7.4 Ley 1955 de 2019

En el artículo 174 del plan de desarrollo nacional 2018-2022, se plantea un incentivo en la reducción de la declaración de renta para el desarrollo, investigación e

inversión en las energías renovables para la producción de energía eléctrica y otras disposiciones generales (*Congreso de la República de Colombia, 2019*).

7.5 Resolución 703 de 2018

Esta resolución expedida por el Director de la Unidad de planeación Minero – Energética (UPME), menciona los requisitos para avalar proyectos (FNCER) *fuentes no convencionales de energías renovables* y obtener los beneficios establecidos en la ley 1715/2014 en los artículos 12 y 13 de dicha ley y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de minas y energías, 2018*).

7.6 Resolución 1303 de 2018

Esta resolución expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Modifica la Resolución 1283/2016 que describía los requisitos para certificación y beneficios ambientales, en los proyectos (FNCER) *fuentes no convencionales de energías renovables* y obtener sus beneficios e incentivos tributarios y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018*).

7.7 Resolución 1312 de 2016

En esta resolución expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptan los parámetros para realizar un estudio (EIA) Evaluación del Impacto ambiental, para tramitar licencias ambientales en proyectos de energía eólica y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016*).

7.8 Resolución 1283 de 2016

Esta resolución expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

da a conocer los parámetros y requisitos para las certificaciones ambientales en nuevos proyectos (FNCER) *fuentes no convencionales de energías renovables* y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016*).

7.9 Resolución 0281 de 2015

Esta resolución está dictaminada por el Director (UPME) del Ministerio de Minas y Energías donde establece una potencia límite máxima en la autogeneración de energías no convencionales renovables a pequeña escala y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de minas y energías, 2015*).

7.10 Resolución 024 de 2015

Esta resolución está dictaminada por la comisión de regulación de energía y gas del Ministerio de Minas y Energía donde regula las actividades de autogeneración energética a gran escala en el sistema nacional de interconectado para garantizar una oferta eficiente y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes (*Ministerio de minas y energías, 2015*).

8 Marco Conceptual

8.1 Desarrollo Sostenible

Cuando hablamos de Desarrollo Sostenible, debemos saber que este fue formalizado por primera vez en el año de 1987, y con el pasar del tiempo se fue desarrollando más la idea. Los problemas ambientales que el hombre ha causado de forma directa e indirecta en busca de su desarrollo económico e industrial, crean una necesidad de buscar un equilibrio entre el hombre, la economía y el ambiente conocido como desarrollo sostenible. La ONU propuso 17 objetivos llamados Objetivos de Desarrollo

Sostenible, en los cuales trata la mayoría de problemas relacionados a la economía, lo social y el ambiente; donde el objetivo número 7 es energía asequible y no contaminante como se muestra en la figura 1 (Doménech, 2007) (PNUD,2015-2030).



Figura 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: PNUD, (2015-2030). Modificada por el autor.

8.2 Energías Renovables

Al hablar de energías Renovables encontramos sinónimos como Energías alternativas, energías no convencionales o energías limpias, todas estas tienen definiciones similares y es correcto afirmar que sean lo mismo. Las energías renovables son aquellas que se obtienen del aprovechamiento de diversos recursos naturales renovables es decir, se regeneran en un determinado tiempo y son ambientalmente sostenibles; algunas de estas fuentes de energía son: El sol (Térmica y Fotovoltaica), El viento (Eólica), El agua (Hidroeléctrica), El subsuelo (Geotermia), La materia Orgánica (Biomasa y Biogás), El mar (Mareomotriz) entre otras; en la figura 2 observamos algunas de estas energías (Araque, 2020) (Factorenergía, 2016).

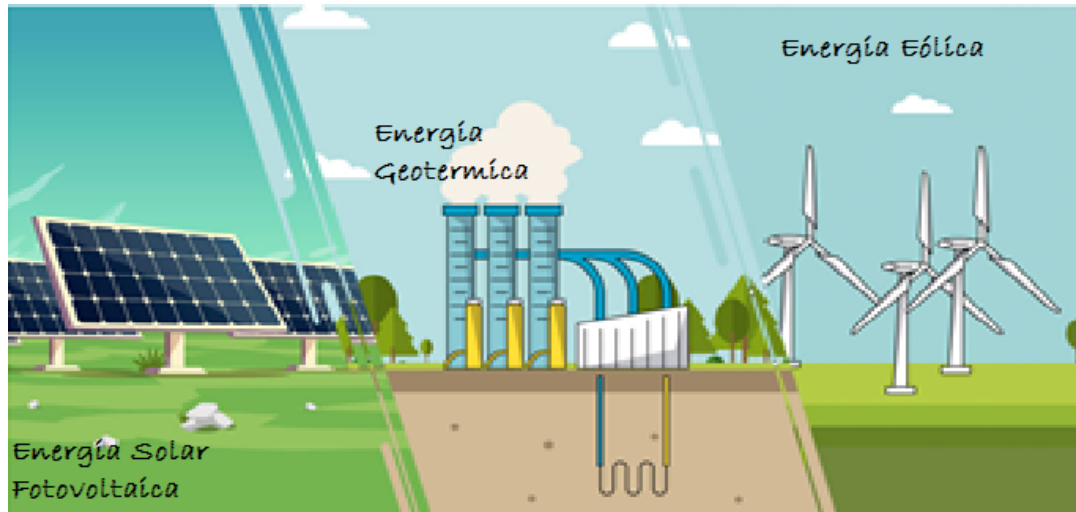


Figura 2: Energías renovables.

Fuente: Metropol. (2019). Modificado por el autor.

8.3 Energía Biomasa

Cuando hablamos de Biomasa hacemos referencia a todo aquello que proviene de seres y microorganismos vivos (materia orgánica) tanto animales como vegetales. Actualmente se clasifican en diferentes tipos de biomasa tales como: biomasa natural; en esta se encuentran los desechos de ecosistemas como ramas, hojas, animales en descomposición entre otros. La biomasa residual y agrícola; en esta se encuentran los residuos generados por la actividad humana entre ellas las aguas residuales y los desechos de los cultivos agrícolas aquellos que no son consumidos ni utilizados por el hombre en su vida cotidiana. Y por último la biomasa de cultivos energéticos en esta clasificación entra todos aquellos cultivos que están destinados exclusivamente para ser biomasa, estos son llamados cultivos de primera generación. Esta materia orgánica o biomasa tiene diferentes utilidades como generar biogás, biocombustibles y energía transformando esta materia orgánica como se observa en la figura 3 (*Fundación Endesa, 2020*).

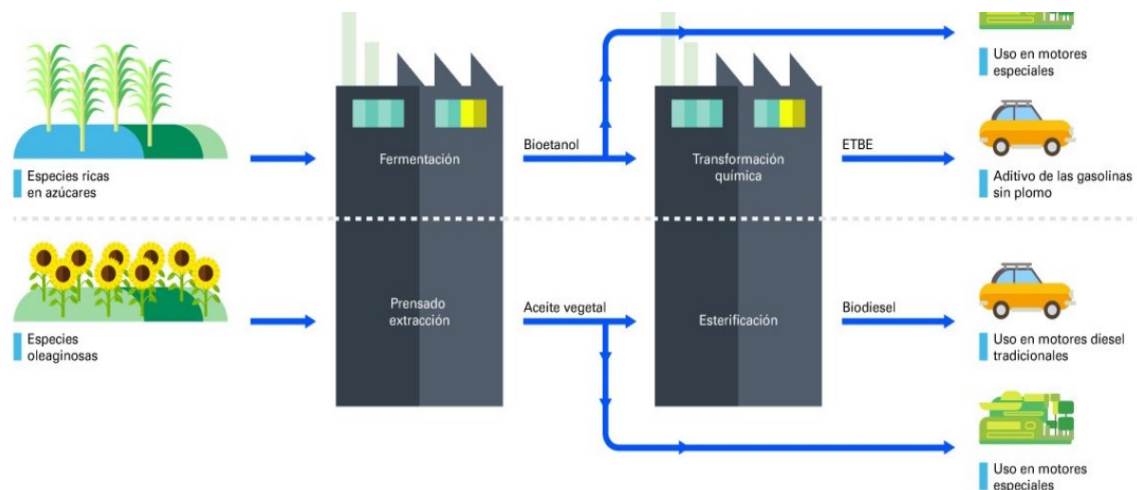


Figura 3: transformación de la biomasa.

Fuente: *Fundación Endesa, (2020).*

8.4 Energía Eólica

Al hablar de energía eólica se relaciona con el uso del viento para generar energía. En este proceso por medio de aerogeneradores se transforma la energía cinética que produce la fuerza del viento en energía eléctrica. Esta energía es bastante rentable con unas condiciones determinadas como la velocidad del viento y la continuidad con la que sopla el viento, entre otras (*Moreno, 2013.*).

Estas características son indispensables, ya que de esto depende la generación de energía en vatios /m² y la determinación de su rentabilidad. Esta puede ser utilizada a gran escala en los llamados parques eólicos como se muestran en la figura 4; que generan energía para las redes de distribución energética o a pequeña escala en puntos específicos o aislados; para estos puntos existen plantas de almacenamiento con baterías en caso de no estar generando energía en algún determinado momento aunque son de costos muy elevados y generan poca potencia o durante muy poco tiempo. (*Marín, 2004.*).

Las ventajas de este tipo de energía son sus bajos costos de implementación, permite la autoalimentación de viviendas, es de fácil adaptación, no contamina y es

inagotable. Aunque es una energía con muchas ventajas también tiene desventajas como el impacto medioambiental generado por los aerogeneradores, el espacio que estos parques eólicos utilizan es muy grande y al no ser una energía que se pueda almacenar, el viento es un factor indispensable para su generación tanto en exceso como en ausencia de él (Moreno, 2013.)(Marín, 2004.).



Figura 4: Parque eólico en La Guajira, Colombia.

Fuente: *Revista Portafolio*, (2019).

8.5 Energía Solar

Al hablar de energía solar, la dividimos en dos ramas, la energía solar fotovoltaica que convierte la luz del sol en energía por medio de paneles solares, como se observa en la figura 5 y la energía solar térmica la cual aprovecha el calor producido por medio de ondas electromagnéticas, para aprovecharlo directamente o generar energía. Esta energía tiene grandes ventajas como su fuente inagotable, los bajos costos en instalación y mantenimiento y el tiempo de vida útil, la energía solar fotovoltaica se puede almacenar y por ende da una gran producción energética a pequeña escala; pero así como tiene ventajas

tiene desventajas. Una de ellas y quizá la más importante son los residuos que generan los paneles fotovoltaicos al cumplir su ciclo de vida útil (Arregui et al., 2015)(Ministerio de economía, infraestructura y energía, s.f.)

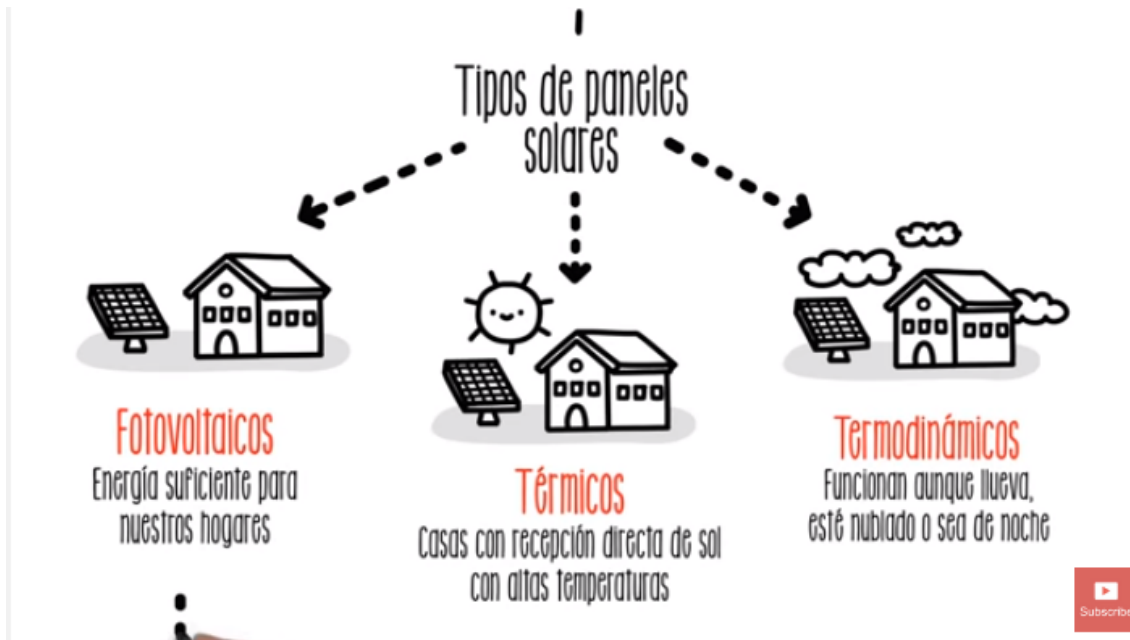


Figura 5: paneles solares y energía solar.

Fuente: Acciona, (2014).

8.6 Energía Hidráulica

Cuando se habla de energía hidráulica, se establece una relación en la energía que proporciona la fuerza del movimiento del agua mediante turbinas; siendo este tipo de energía una de las más rentables ya que aunque sus costos de producción inicial son elevados, los costos de mantenimiento son muy bajos y la relación costo – beneficio es favorable. En Colombia, “la fuente hidroeléctrica representa el 65 % de la energía eléctrica que se genera” (Arango, J. et al. 2016, p.1). Además de esto representa el 7% de consumo energético a nivel mundial. En la figura 6 se puede observar una hidroeléctrica, la cual es la forma más propicia y conocida para la obtención de esta energía (Foro de la industria nuclear española, s.f.).



Figura 6: represa e hidroeléctrica

Fuente: *Fundación Endesa, (2019).*

9 Estado del arte

A continuación, se presentan los resultados de la revisión bibliográfica realizada en las bases de datos adquiridas por la Universidad, en este caso Scopus y Science Direct.

9.1 Laboratorios de energías alternativas en centros educativos a nivel nacional e internacional.

Aquí se señalan los diferentes laboratorios implementados en las distintas Universidades, evidenciando el objetivo general, la metodología, las diferentes variables de investigación y sus resultados o conclusiones.

- ***Laboratorio de microrredes como herramienta de investigación en fuentes de energía no convencionales en Ecuador***

En este artículo los autores Espinoza, González y Sempértégui (2018), tuvieron como objetivo desarrollar un laboratorio de microrred como soporte y validación en la distribución de energía. Se elaboró un prototipo a una menor escala debido a la dificultad para conseguir materiales como equipos de potencia de kilowatts (KW). Uno de los grandes problemas en esta

investigación fue el área relacionada con la gestión de generación distribución y almacenamiento, la cual tuvo una solución al momento de implementar el laboratorio. Éste cuenta con una planta física de 750 m² la cual se encuentra distribuida en diferentes dependencias como se evidencia en la figura 7 y descrito en el siguiente párrafo (*Espinoza et al. 2018*).

El área B de la misma figura es de 150 m² en el primer piso, donde se encuentra el asistente técnico asociado a mantenimiento y actividades manuales con labores propias de investigación, mientras que el área C con 45 m² en la planta baja, está destinada a servicios higiénicos. En el área D con 60 m² en la planta baja se ha dispuesto a la generación eléctrica por combustión interna y el transformador para interconexión con la red eléctrica. Finalmente, el área E con 45 m² se ha destinado para docencia y medios audiovisuales (*Espinoza et al. 2018*).



Figura 7: plano de la planta física para el laboratorio de micro redes, Ecuador.

Fuente: Espinoza et al. (2018).

Este laboratorio está compuesto por tres grupos de equipos los cuales son clasificados dependiendo de su naturaleza. Estos grupos están constituidos por

generación, almacenamiento y consumo; el grupo 1 cuenta con generación solar fotovoltaica, generación eólica, generación mini-hidro y generación con celda de hidrógeno. El grupo 2 de almacenamiento cuenta con baterías de plomo ácido, baterías de ion-litio, batería de flujo de vanadio redox y almacenamiento de hidrógeno y finalmente el grupo 3 de consumo cuenta con estación de carga de vehículos eléctricos, red eléctrica pública y alimentación del edificio del laboratorio, sistemas de control y auxiliares (*Espinoza et al. 2018*).

Finalmente, el artículo muestra detalladamente la implementación del laboratorio como centro científico, tecnológico, de investigación y docencia de la Universidad Cuenca en Ecuador, siendo uno de los más grandes a nivel nacional e internacional (*Espinoza et al. 2018*).

- ***Laboratorios remotos para cursos de energía renovable en universidades de Jordania***

En este artículo los autores Al-Zoubi, Hammad, Ros, Tobarra, Hernández, Pastor & Castro (2015), tuvieron el objetivo de implementar un laboratorio remoto de energías para los estudiantes de ingeniería a distancia; esto con el fin de fortalecer conceptos teórico-prácticos. Es un trabajo complejo ya que como su nombre lo indica los estudiantes toman clases a distancia. Por este motivo fue necesario implementar el laboratorio remoto ya que con éste pudieron acercar sus conocimientos mucho más a la práctica (*Al-Zoubi et al. 2015*).

En tanto a la forma de implementación del laboratorio, estuvo planteado para tener un montaje con bajos costos y a la vez tener una formación adecuada en fuentes de energía como la solar y la eólica. En cuanto a la metodología utilizada,

se realizó una investigación documental y un estudio de la educación de energías en la universidad, también se elaboraron materiales didácticos para los cursos de energías los cuales se dividieron de la siguiente manera: conversión de energía, energía solar-térmica, energía eólica, accionamientos y máquinas, sistemas fotovoltaicos y sistemas de energías renovables. Adicional a esto mediante diversos software y hardware se facilitó la creación de estos laboratorios; esto facilitó la utilización y el aprendizaje de los estudiantes ya que permitía realizar experimentos las 24 horas de los 365 días del año mediante una conexión a internet, como se muestra en la figura 8 (Al-Zoubi et al. 2015).

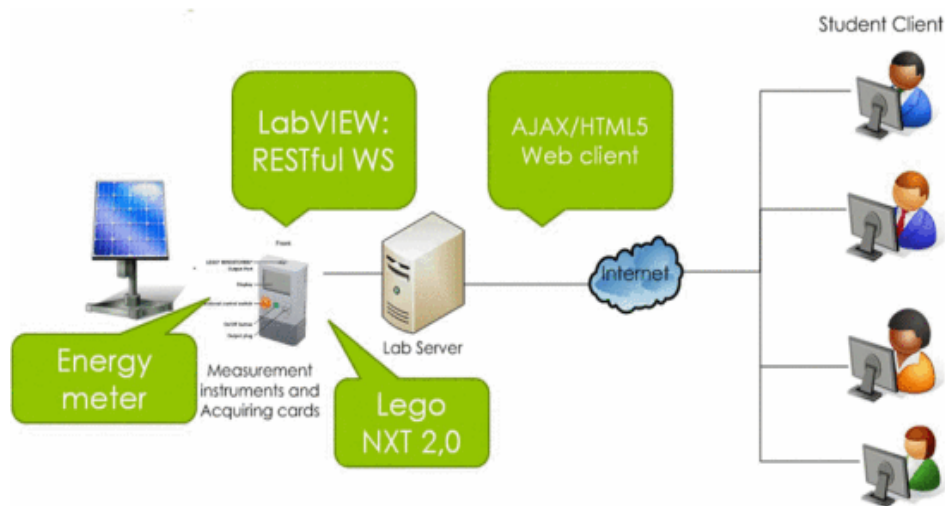


Figura 8: Arquitectura para el laboratorio remoto de bajo costo

Fuente: Al-Zoubi et al. (2015).

- **Laboratorios Remotos de Bajo Costo para Energías Renovables en Educación a Distancia**

En este artículo los autores Hernández, Pastor y Tobarra (2014), tuvieron como objetivo la implementación de un laboratorio remoto de energías para estudiantes de carreras a distancia, ya que estos no pueden utilizar los laboratorios

presenciales. Teniendo en cuenta que uno de los grandes problemas de este tipo de laboratorios es el costo, en éste se aspiró a implementar un laboratorio de bajo costo orientado en energía eólica y solar. (Tobarra et al. 2014).

Este laboratorio incorporó el uso de software y hardware que permitió a los estudiantes utilizar herramientas reales a través de internet. Uno de los grandes beneficios que tienen los estudiantes es la realización de experimentos desde cualquier lugar y cualquier hora, ya que los laboratorios remotos funcionan 24 horas los 365 días del año (Tobarra et al. 2014).

En el caso del laboratorio eólico los estudiantes tuvieron acceso a datos de voltaje y velocidad de vientos, y en el laboratorio fotovoltaico se estudiaron las producciones de voltaje con varios ángulos de incidencia, y decidir que ubicación se debe tener para permitir un voltaje máximo, esto con el fin de que con los datos obtenidos los estudiantes puedan generar gráficas, conversión de unidades y así mismo realizar análisis de los datos (Tobarra et al. 2014).

9.2 Formas de enseñanza relacionadas a energías alternativas en centros de educación superior.

Esta clasificación señala las diferentes formas y métodos de enseñanza en laboratorios de energías alternativas ya implementados en diferentes centros de educación superior evidenciando, el objetivo general, la metodología, las diferentes variables de investigación y sus resultados o conclusiones.

- ***Laboratorio de enseñanza de energías limpias: Universidad Simón Bolívar y su impacto en la comunidad Camurí Grande – Anare (Venezuela).***

Los autores Durán. A y Durán. G tuvieron como objetivo diseñar e

investigar prácticas de laboratorio de energías, enfocados en procesos de biodigestión con residuos que se generan en la comunidad; esto con el fin de mostrarle a los estudiantes la importancia del aprovechamiento de los residuos sólidos generados bajo un enfoque social y tecnológico (*Durán-García & Durán-Aponte. 2016*).

En una metodología analítica, mediante la construcción y elaboración de matrices analíticas, en las prácticas de laboratorio se diseñó un equipo de conversión de residuos sólidos (biodigestión anaeróbica para la producción de biogás) en el cual se midió la eficiencia energética a escala pequeña. Como resultado de las pruebas del laboratorio realizadas, se permitió implementarlos en 5 casas; en las cuales se realiza el proceso de generación de biogás y donde se garantiza la generación energética y sostenibilidad ambiental. (*Durán-García & Durán-Aponte, 2016*).

- ***Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico***

El objetivo de los autores Condorí y Ovejero (2007) en este artículo fue implementar algunos ensayos de laboratorio de energías limpias, en los cuales los estudiantes trabajaron en el diseño utilizando materiales de bajo costo para su elaboración. Con esto se buscó que los estudiantes tengan experiencia elaborándolos y así mismo concientizarlos con los problemas energéticos y ambientales vistos actualmente. (*Condorí & Ovejero. 2007*).

En este se trabajó una metodología teórico-práctica en la cual se elaboraron distintos ensayos de laboratorios. En el primer ensayo se elaboró una cocina solar

donde los estudiantes analizaron su funcionamiento y sus fenómenos, además de eso también calcularon el calor que aprovecha el sistema. En el segundo ensayo se elaboró un calentador solar para agua. Se realizó con materiales reciclados como botellas, a las cuales se les quitó las envolturas y se les pintó una parte de negro para así generar mayor absorción de calor; los estudiantes midieron la temperatura con termocuplas conectadas al calentador de agua. En el tercer y último ensayo, se elaboró un secador de frutas y hortalizas con materiales de bajo costo y con apoyo de una balanza electrónica para determinar la variación de la masa. (Condorí & Ovejero. 2007).

Finalmente los estudiantes lograron comprender y aplicar conceptos de eficiencia térmica en los ensayos, además de esto, implementar esta pedagogía de fabricar los ensayos por parte de los estudiantes funcionó de manera favorable, alentadora y estimulante para ellos (Condorí & Ovejero. 2007).

- ***Educación en ingeniería centrada en el estudiante: el caso de las energías renovables***

El objetivo de los autores A. Al-Khasawneh, A. Al-Zoubi, B. Hammad and H. Hijazi (2020) es apoyar un sistema de aprendizaje en línea de energías renovables, en los estudiantes de la Universidad Hachemita (Jordania). Para ello se utilizan diferentes guías de estudio, videos explicativos y artículos como componente principal de su aprendizaje y desarrollo de manera interactiva. (Al-Khasawneh, *et al.* 2020).

En cuanto al proceso de diseño e implementación se tuvieron en cuenta diferentes variables tales como los diferentes tipos de energía a trabajar, la oferta y

demanda laboral en dicho país, materiales para el desarrollo del curso (diapositivas, videos y cuestionarios) como se puede observar en la figura 9 y finalmente la forma de evaluación y análisis del desarrollo del curso. (Al-Khasawneh, *et al.* 2020).

De esta investigación se concluye que aunque educadores y estudiantes se vieron dudosos de esta modalidad al ser implementada, los obstáculos presentados por los altos costos, la complejidad y la falta de software y hardware, es una buena forma de enseñanza y aprendizaje para aquellos estudiantes interesados en las energías renovables de las diferentes carreras afines a ellas (Al-Khasawneh, *et al.* 2020).



Figura 9: Ejemplo de desarrollo del curso, caso de energías renovables.

Fuente: Al-Khasawneh, et al. (2020).

- ***Aprovechar la tecnología en la educación colaborativa en energías renovables***

En este artículo los autores Al-Zoubi Abdallah. Castro Manuel & Hammad Bashar, tienen el objetivo de describir nuevos cursos de energías renovables con el fin de modernizar el plan de estudios de las diferentes universidades en Jordania en todas las carreras afines y sacar el máximo provecho a la tecnología en esta rama,

teniendo resultados de aprendizaje similares a los obtenidos en los cursos presenciales (Al-Zoubi *et al.* 2020).

La metodología de los autores se basó inicialmente en la creación de guiones gráficos para aumentar la capacidad de aprendizaje de los estudiantes. Adicionalmente se crearon cuestionarios formales para la evaluación de cada uno de los objetivos a enseñar en los cursos. Como se puede observar, los autores buscan aumentar los conocimientos mediante el uso de la tecnología; en este caso fue una investigación conjunta con diferentes universidades que aportaron los diferentes laboratorios remotos basados en diferentes energías alternativas como la solar fotovoltaica, la eólica y algo de biocombustibles.(Al-Zoubi *et al.* 2020).

Tras el desarrollo de estos laboratorios virtuales, se implementó este mismo método en otras cuatro universidades y los resultados obtenidos aunque fueron buenos les generaron algunos cambios, entre ellos los cuestionarios de evaluación ya que no es lo mismo el aprendizaje presencial que el virtual y de esta misma forma los procesos de calificación son diferentes. Los docentes tuvieron gran satisfacción con la experiencia especialmente en el alto interés de los estudiantes y la calidad del curso virtual. (Al-Zoubi *et al.* 2020).

10 Metodología

A continuación se mostrará la metodología que se estableció para dar cumplimiento a los objetivos; donde se plantearon diversas actividades divididas en tres fases.

10.1 Fase 1

- ***Diagnóstico inicial (información de laboratorios afines).***

Consulta bibliográfica: En la primera actividad se consultó sobre

laboratorios de energías limpias funcionales en otras universidades, donde se tomó información de las diferentes bases de datos; esta se encuentra evidenciada en el estado del arte y los resultados metodológicos de este documento. Adicionalmente se indagó en los portales web de las diferentes Universidades a nivel nacional.

Selección de ensayos para laboratorio: En la segunda actividad se describieron las diferentes pruebas de laboratorio a implementar, seleccionadas con base en las experiencias en materiales y enseñanzas de otras universidades nacionales e internacionales teniendo en cuenta los procesos y tecnologías investigados en la actividad anterior.

10.2 Fase 2

- ***Identificación de requisitos para su adecuada implementación.***

Requisitos mínimos para implementación: En la primera actividad se investigaron los requisitos mínimos, materiales, espacio y requerimientos para la ejecución de este laboratorio, teniendo en cuenta la investigación realizada y consignada en el marco conceptual.

Lista de materiales: En la segunda actividad se tuvieron en cuenta los resultados de la primera fase en la actividad número 2, para realizar una lista de chequeo de los materiales necesarios.

10.3 Fase 3

- ***Propuesta de implementación del laboratorio de energías alternativas.***

En la tercera y última fase, se determinaron tres actividades en las cuales se implementan los conocimientos y datos obtenidos en las fases anteriores.

Elaboración de planos: Como primera actividad, se realizaron planos del laboratorio con dimensiones y su respectiva ubicación en la planta Universitaria.

Ubicación de pruebas: En la segunda actividad se hizo la estructuración y ubicación de las pruebas de laboratorio seleccionadas dentro del espacio de trabajo.

Guías de trabajo: Como tercera y última actividad se presentó un manual de procedimientos estilo guía de trabajo para cada una de las pruebas (pasos, medidas, entre otros) y materiales a utilizar teniendo en cuenta que muchos de estos son reutilizables.

11 Resultados y análisis

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de cada fase establecida en la metodología; desglosando cada consulta y pruebas de laboratorio como sus requisitos en cuanto a materiales, procedimientos y estructuración.

11.1 Fase 1: Diagnóstico inicial

En esta fase veremos algunos de los laboratorios funcionales nacionales e internacionales, describiendo las ramas de trabajo contempladas allí actualmente. Adicional a esto se analizarán y describirán las pruebas de laboratorio escogidas para ser estudiadas teniendo en cuenta la oferta de recursos naturales en Colombia y en el espacio de estudio donde se realizarán.

11.1.1 Investigación de laboratorios funcionales Nacionales

A continuación, se dará evidencia de los laboratorios funcionales a nivel nacional, describiendo su actividad de trabajo actualmente.

- ***Universidad Nacional de Colombia Sede – Medellín.***

Laboratorio de Ciencias de la Energía: en este laboratorio los estudiantes encuentran un espacio científico en el cual pueden realizar proyectos de investigación y prácticas de procesos energéticos, todo esto a partir de pilotos o proyectos a escala. Actualmente se trabaja en actividades de docencia e investigación del Grupo de Termodinámica Aplicada y Energías Alternativas (*Universidad Nacional de Colombia, 2017*).

- ***Universidad Autónoma de Manizales***

Laboratorio de Energías Renovables: el propósito de este laboratorio es realizar investigaciones con los estudiantes de ingeniería y de energía renovable que tiene esta institución. Este laboratorio cuenta con paneles solares de silicio mono cristalino, poli cristalino, de placa fina y de capa delgada (*Universidad Autónoma de Manizales, 2019*).

- ***Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito***

Laboratorio de energía: en este laboratorio se trabajan temas relacionados con la generación y manejo de la energía eléctrica en sus diferentes manifestaciones; cuenta con 8 espacios asignados, algunos de ellos son: uno dedicado a software especializado, tres dedicados a la docencia y energías renovables y uno dedicado a funciones administrativas. Adicional a esto, el laboratorio de energías renovables cuenta con pruebas de un sistema solar sin conexión a la red y otro con conexión al sistema eléctrico (*Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2010*).

- ***Universidad Distrital Francisco José de Caldas***

GIDEAU (grupo de investigación en Energías Alternativas): como lo nombra esta institución educativa en su página Web (*Universidad Distrital Francisco José de Caldas s.f.*) las líneas de investigación que manejan son: los termo fluidos, la biomasa, la energía solar fotovoltaica, uso racional de energía, energía eólica, pedagogía de las energías renovables. pequeñas y micro-centrales hidroeléctricas y energía solar térmica. (*Universidad Distrital Francisco José de Caldas s.f.*)

11.1.2 Investigación de laboratorios funcionales Internacionales

A continuación, se dará evidencia de los laboratorios funcionales a nivel latinoamericano, describiendo su actividad de trabajo actualmente.

- ***Universidad Simón Bolívar – Venezuela***

Laboratorio de enseñanza de energías limpias: en este centro educativo se diseñan e investigan prácticas de laboratorio de energías, enfocadas en procesos de biodigestión con residuos que se generan en la comunidad; esto con el fin de mostrarle a los estudiantes la importancia del aprovechamiento de los residuos sólidos generados bajo un enfoque social y tecnológico. Este laboratorio permitió implementar las prácticas en 5 casas diferentes; en las cuales se realiza el proceso de generación de biogás y donde se garantiza la generación energética y la sostenibilidad ambiental. (*Durán-García & Durán-Aponte, 2016*). (*Durán-García & Durán-Aponte, 2016*).

- ***Universidad Nacional de Salta –Argentina***

La enseñanza de las energías renovables: este laboratorio tiene la finalidad de implementar algunos ensayos de laboratorio de energías limpias, en los cuales los estudiantes trabajaron en el diseño utilizando materiales de bajo costo para su elaboración. Con esto se busca que los estudiantes tengan experiencia elaborándolos y así mismo concientizarlos con los problemas energéticos y ambientales vistos actualmente. Este centro de enseñanza realiza pruebas de laboratorio como cocinas solares, calentadores de agua, secadores y celdas de combustible (*Espinoza et al., 2018*).

- ***Universidad De Cuenca- Ecuador***

Laboratorio de microrredes como herramienta de investigación en fuentes de energía no convencionales: este laboratorio es considerado como un centro científico, tecnológico, investigativo y de docencia; en él se ven temas buscando reducir el consumo de energía y proyectos relacionados a las energías renovables no convencionales como la energía hidroeléctrica y la bioenergía. Algunos de sus ensayos serán presentados en este documento (*Ovejero, 2007*).

- ***Universidad Nacional De Costa Rica***

Laboratorio de Energía Solar: el departamento de física de esta universidad posee el único laboratorio para el estudio de la energía solar con una trayectoria de 43 años aproximadamente, donde tienen diferentes líneas de investigación en la energía de la biomasa, la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y la energía hidráulica con una mini hidroeléctrica. Este laboratorio cuenta

con un modelo físico: una casa donde implementan todos sus ensayos y la mayoría funciona con energía solar fotovoltaica (*Universidad Nacional de Costa Rica, 2012*).

- ***Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú***

Laboratorio de Energías Renovables: este laboratorio con fines académicos y de servicio presenta dos líneas de investigación; energía de la biomasa y energía solar tanto térmica como fotovoltaica. Aquí evalúan los recursos energéticos para generar biocombustibles (líquidos y gaseosos), estructuras fotovoltaicas para aplicaciones agrícolas, cocinas solares y sistemas de desinfección de aguas mediante la energía térmica entre otros (*Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016*).

- ***Universidad de Guadalajara – México***

Laboratorio de Energías Renovables: este laboratorio es de carácter investigativo para tesis en maestrías y doctorados. Cuentan con equipos para el estudio de las diferentes energías alternativas como estaciones solarimétricas y meteorológicas, cámaras termográficas, destiladores solares, secadores solares, aerogeneradores, túnel de viento, bio-reactores entre muchos otros. Este es uno de los laboratorios más completos de México y además está vinculado al Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México (*Universidad de Guadalajara, 1997-2020*).

- ***Universidad Nacional Autónoma de México***

Instituto de Energías Renovables (IER): este centro investigativo tiene

diferentes líneas de investigación entre ellas las energías renovables. Allí trabajan con energía hidráulica, energía obtenida de biomasa, energía eólica, energía geotérmica, celdas solares, energía solar, celdas de combustible y futuramente el estudio de la energía mareomotriz; además de ser parte de una de las Universidades más importantes de América Latina y ofrecer maestrías y doctorados referentes a las energías, presenta cursos de nivel básico, medio y avanzado relacionadas a las energías alternativas clasificados con su nivel de especialización. La modalidad de enseñanza es una de las mejores ya que promueven en sus estudiosos la generación de conocimientos, basados en la libertad de expresión, formando profesionales con la capacidad de responder a cualquier tipo de necesidades con desarrollo sostenible (UNAM. IER, S.f.).

11.1.3 Pruebas de Laboratorio a Implementar

Posteriormente, se dará a conocer con una breve explicación los ensayos y pruebas de laboratorios escogidas para cada tipo de energía renovable a estudiar. Estos ensayos fueron escogidos de acuerdo a la consulta realizada a otros centros de investigación de energías alternativas situadas en otras universidades nacionales e internacionales.

➤ Energía Solar

Para la energía solar fotovoltaica y térmica se seleccionaron tres pruebas de laboratorio implementadas por diferentes autores y en diferentes centros de educación superior; a continuación se explicarán las tres pruebas cada una con sus medidas respectivas, materiales, y una breve explicación del proceso de construcción y estudio.

- **Calentador Solar**

El objetivo de esta prueba es la construcción de un calentador de agua de bajo costo para analizar su funcionamiento, asimismo se podrá medir la temperatura a la entrada y a la salida del calentador.

Para el diseño del calentador el autor recolectó aproximadamente entre 30-40 botellas de plástico y se limpiaron por dentro y por fuera, luego se pintan por un solo lado de color negro y así tener mejor absorción de calor, luego estas se colocarán en una tabla de (8m x 8m) en las cuales se ubicarán las botellas en cuatro hileras unidas con tubo codo (A) y tubo T (B) como se muestra en la figura 10 en la parte izquierda, y por último se realizarán diferentes conexiones de entradas y salidas de agua, las cuales irán a un tanque como se evidencia en la figura 10 parte derecha (Ovejero, 2007.).

se utilizan tubo "codo" y tubo "t" para la union de las botellas y la tuberia

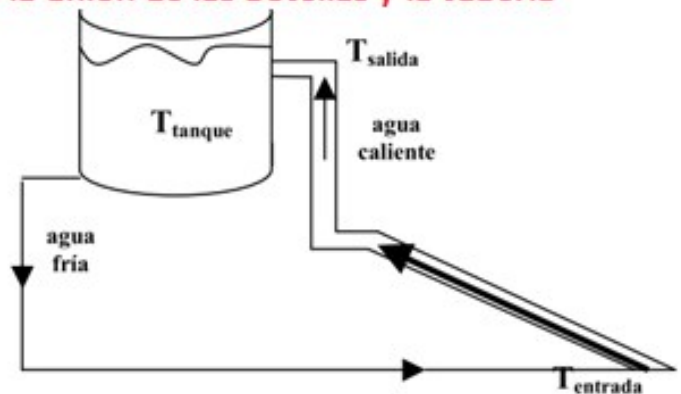


Figura 10: Calentador de Agua

Fuente: Ovejero, (2007) Modificada por el Autor.

- **Cocina Solar**

Existen cuatro tipos diferentes de cocina solar como se observa en la figura 11. En la letra A observamos la cocina solar tipo caja, en la letra B una cocina colectora de placa

plana, en la letra C una cocina con reflector parabólico directo y por último en la letra D una cocina con reflector parabólico indirecto (Kaushik.et al. 2012.) (Mert, C. 2018.).

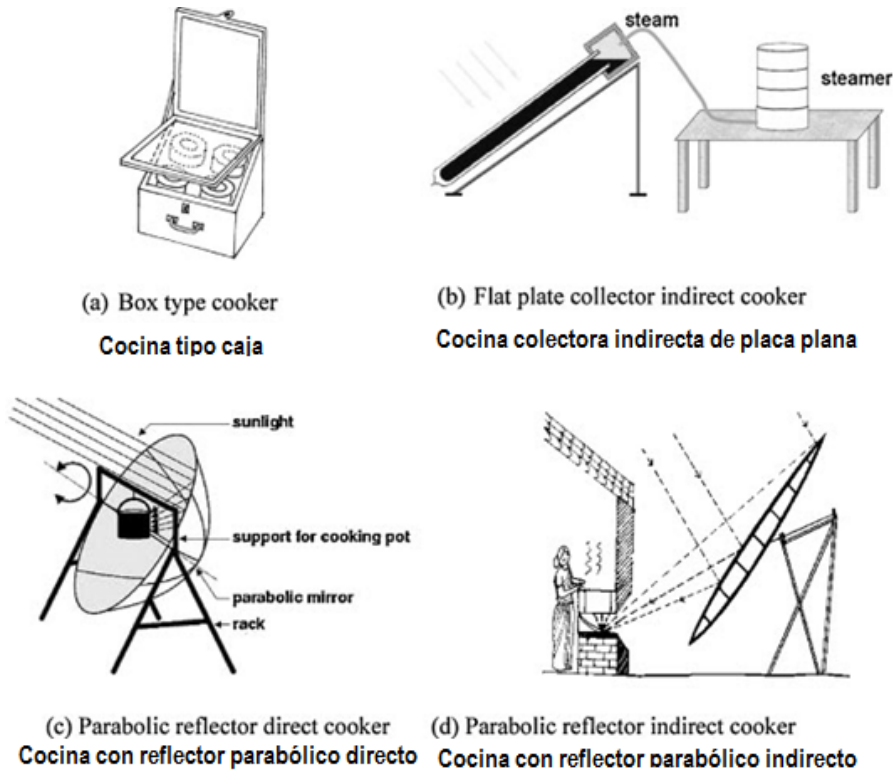


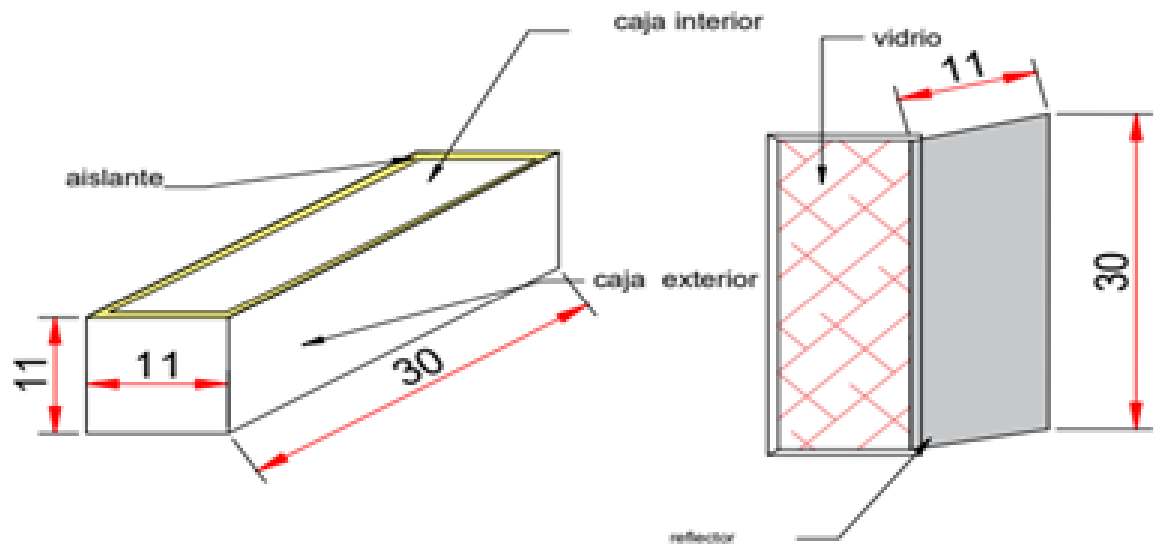
Figura 11: tipos de cocinas solares

Fuente: Kaushik et al. (2012).Modificada por el autor

De estos cuatro tipos, se seleccionó la cocina solar tipo caja debido a su facilidad de construcción y fácil manejo, ya que las otras son muy complejas y costosas. La cocina solar tipo caja, aunque se demora en calentar es muy eficiente en su propósito (cocción de alimentos).

La cocina tipo caja convierte la energía solar en térmica. Ésta se utiliza para cocinar los alimentos y puede alcanzar hasta 100 °C. El objetivo de esta prueba es la construcción y el ensayo de la cocina. Se podrá analizar el funcionamiento de la cocina solar tipo caja y la transferencia de calor generada, así mismo se puede calcular el calor

útil. Como se evidencia en la figura 12, el diseño de la cocina solar consiste en una caja bien aislada en la que se realiza la función de preparar los alimentos, un vidrio transparente para aislamiento térmico y transmisión de luz solar al lugar donde se está preparando la comida y un reflector de radiación solar. La cocina tendrá con un ancho de 11,5 cm (Kaushik.et al. 2012.) (Mert, C. 2018.).



las unidades de las dimensiones están estipuladas en cm.

Figura 12: plano de cocina solar tipo caja

Fuente: Autor.

- **Secador de frutas y hortalizas**

El objetivo de esta prueba es la construcción de un secador para frutas y hortalizas doméstico de bajo costo como lo observamos en la Figura 13.

Todas las unidades están estimadas en cm

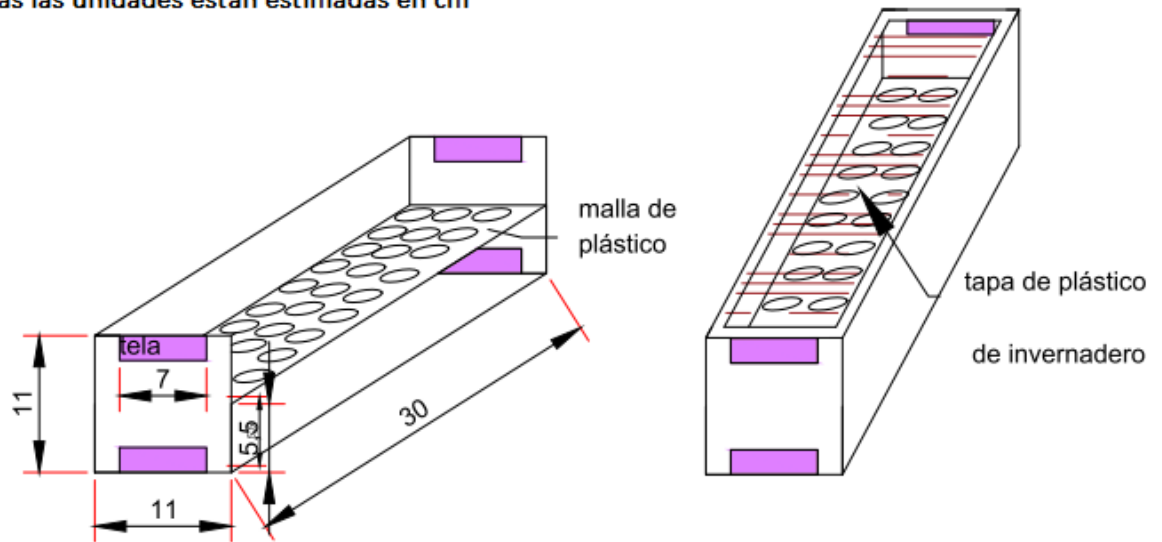


Figura 13: Secador de Frutas y hortalizas

Fuente: Autor.

Para el diseño del secador se necesita una caja de 30 cm x 11 cm a la cual se le harán dos orificios, uno en la parte inferior y otro en la parte superior. Estará sostenida por una malla de plástico y luego se le colocará una tapa de plástico de invernadero. El aire entrará por la parte inferior y se calentará por el efecto invernadero y buscará salir por la parte superior. Todas las medidas se encuentran plasmadas en la figura 14. En este proceso se retirará el agua de los alimentos que están en la malla de plástico y ésta saldrá por la parte superior de la caja. Los dos orificios de la parte superior e inferior deben ser tapados con tela para evitar el ingreso de animales; se debe colocar el producto a secar a una altura promedio de 1.5 m (Ovejero, 2007.).

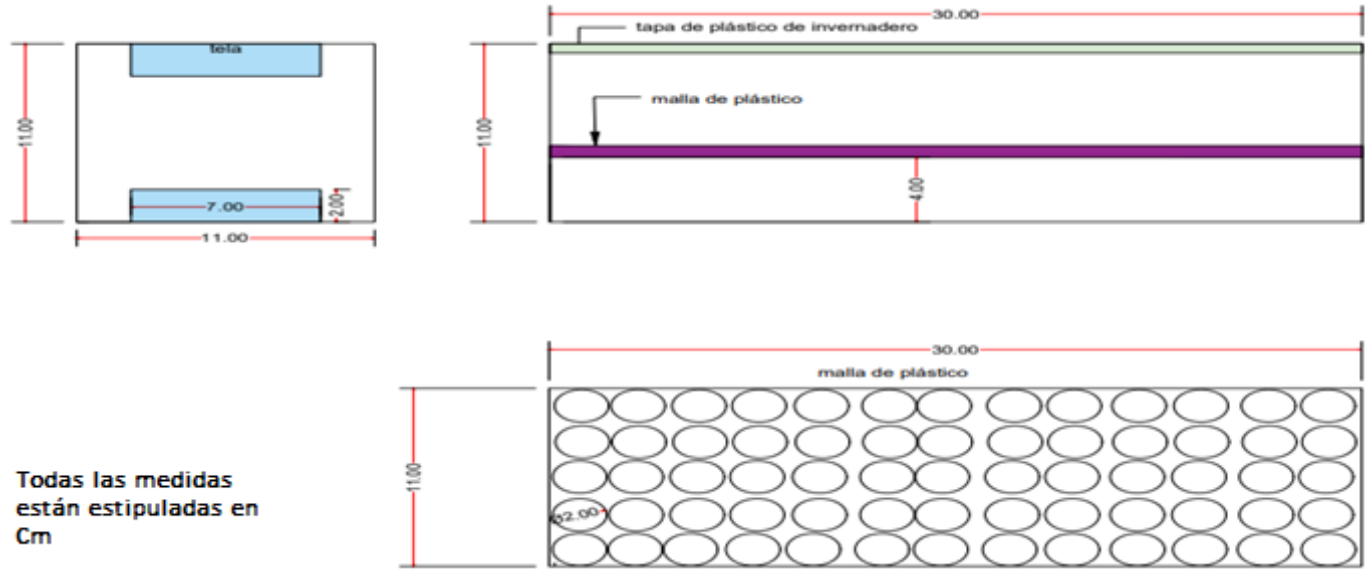


Figura 14: Plano del secador de frutas y hortalizas

Fuente: Autor.

➤ **Energía Eólica**

Para la energía eólica se seleccionó una prueba de laboratorio donde se muestra el cambio de energía eólica a eléctrica; a continuación se explicará la prueba con sus medidas, materiales y su proceso de construcción.

- **Conversión de Energía Eólica en Energía Eléctrica:**

Esta prueba de laboratorio es de carácter demostrativo y tiene como finalidad estudiar la conversión de energía eólica a energía eléctrica, utilizando materiales como: un ventilador, un tubo de PVC de 20 cm aproximadamente, un multímetro, un extractor eléctrico, un dínamo y un bombillo LED de 3W. Como se puede observar en la figura 15, en el proceso de generación de energía, el viento generado por el ventilador pasa a través del tubo de PVC y al llegar al extractor eléctrico moverá el dínamo o generador eléctrico y este encenderá un bombillo LED; la cantidad de energía generada se medirá con un multímetro. (Ovejero, 2007).

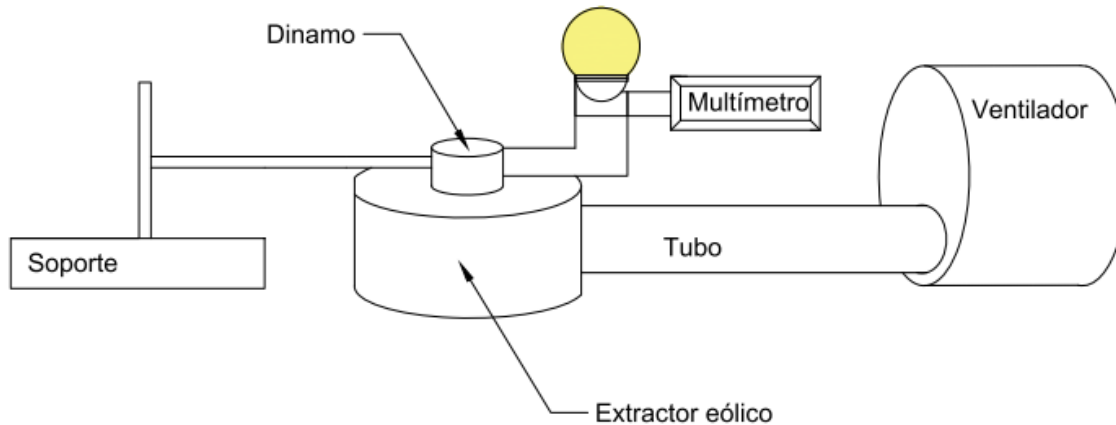


Figura 15: Prototipo de conversor de energía eólica a energía eléctrica

Fuente: Autor.

➤ **Energía producida a partir de biomasa y biogás**

Para la energía producida a partir de energía biomasa y biogás se seleccionó un biodigestor, el cual aprovecha los desechos y materia orgánica residual y uno de los exponentes en la transformación de esta energía. A continuación se explicará un poco de este ensayo el cual ya está implementado en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental en la sede de Bogotá.

• **Biodigestor**

El objetivo de este laboratorio es demostrar la generación de biogás a través de varios tipos de biodigestores. En la Universidad Antonio Nariño Sede Bogotá se manejan reactores anaerobios de lecho estructurado y de lecho ascendente, donde su materia prima son aguas residuales semi sintéticas (Mora. 2018). Estos reactores (figura 16) han sido estructurados a partir de diversos trabajos de grado desarrollados por los estudiantes de Ing. Ambiental de la Universidad Antonio Nariño.



Figura 16: Reactores Laboratorio de Ingeniería Ambiental Sede Bogotá

Fuente: Mora, C. (2018).

➤ **Energía Hidráulica**

Para la energía hidráulica se seleccionó una prueba de laboratorio, tal vez la más conocida en la transformación de esta energía. A continuación se explicará la prueba con sus medidas respectivas, materiales, y su proceso de construcción y estudio, teniendo en cuenta los parámetros ya establecidos en la Universidad de Los Andes.

• **Mini hidroeléctrica**

El objetivo de este laboratorio es la demostración de la producción de energía por medio del movimiento de turbinas y así visualizar su funcionamiento. Como se puede observar en la Figura 17 se señalan los materiales para el diseño: se debe tener un recipiente de 1 litro (A) el cual se conecta a una manguera de 2 m de largo (C) y en el otro extremo de la manguera a otro recipiente, en el cual se encuentra la rueda dentada (D) y ésta está adherida al motor eléctrico el cual se conecta a un bombillo micro-LED (B). El

flujo del agua que pasará por el sistema se controla con una válvula. Para que éste funcione se debe cerrar la válvula, llenar el recipiente de 1 litro de agua y ubicarlo a 2 metros de altura. Al abrir la válvula el agua moverá la rueda dentada y esta activará el motor eléctrico y así se generará la electricidad necesaria para prender el micro-LED (Universidad de Los Andes Colombia, s.f.).

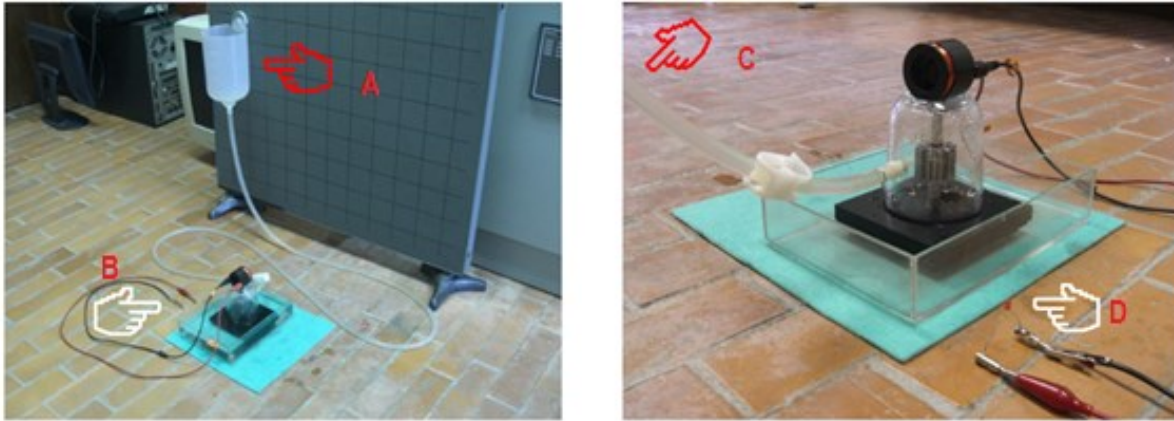


Figura 17: Montaje de una Mini Hidroeléctrica.

Fuente: Universidad de Los Andes Colombia, (s.f).

11.2 Fase 2: Identificación de requisitos mínimos de implementación.

En esta fase, se presentarán datos relevantes como las medidas de las pruebas de laboratorio, los materiales, las cantidades para cada una y los materiales indispensables para un buen funcionamiento y desarrollo del mismo.

11.2.1 Requisitos mínimos para la implementación del laboratorio

A continuación se mostrarán diferentes tablas, mencionando los materiales obligatorios y listas de materiales y las cantidades correspondientes a cada prueba o ensayo de laboratorio.

➤ Lista de materiales para la implementación del laboratorio

En la siguiente tabla se nombran los materiales que son indispensables para el buen funcionamiento de las pruebas y ensayos de laboratorio planteadas anteriormente.

Tabla 1 Requisitos mínimos para el Laboratorio.

Materiales	
Computadores	Conexión de agua
Impresora	Conexión de energía
Sistema de aireación	Conexión de gas
Fotocopias	Archivadores y estantes
Mesas	Extintores
Sistemas de extracción de gases	Tablero
Conexión a Internet	Sillas

Fuente: Autor.

➤ **Lista de chequeo de materiales para cada práctica a realizar.**

En las siguientes tablas se nombran los materiales específicos y las cantidades para la construcción y adecuación de cada una de las pruebas seleccionadas y detalladas en la primera fase de los resultados de este proyecto.

- **Cocina solar**

Tabla 2 Materiales necesarios para la Cocina Solar

Materiales	Cantidades
Caja de cartón (30cm x 11cm) 3mm de grosor	1 unidad

Vidrio transparente (30cm x 11cm) 4mm de grosor	1 unidad
Papel aluminio	5 metros
Pegante para papel (Colbón)	245 g
Cinta adhesiva 18 mm x 50m	1 rollo
Cartulina negra	½ pliego
Bisturí o tijeras	1 unidad
Plástico Vinipel	3 metros

Fuente: Autor.

- **Calentador solar**

Tabla 3 Materiales necesarios para el Calentador Solar

Materiales	Cantidades
Botella de plástico 1.5 L	9 unidades
Taladro	1 unidad
Manguera polietileno negra ¾ de pulgada	5 metros
Codo para tubo PVC de ¾ de pulgada	2 unidades
Tubo PVC de ¾ de pulgada	1 unidad
Hoja para segueta	1 unidad

Cinta de teflón	1 rollo
Tubo "T" ¾	6 unidades
Pintura negra genérica	500 ml
Tabla de madera o triplex de 2m X 2m	1 unidad
Pegante para tubo	1 unidad
Toalla o trapo para limpieza	1 unidad
Recipiente plástico para almacenamiento de agua de 5 L	1 unidad
Juego de roscas para tubo PVC ¾ de pulgada	1 unidad

Fuente: Autor.

- **Secador**

Tabla 4 Materiales necesarios para el Secador Solar

Materiales	Cantidades
Caja de cartón con tapa (30cm x11cm)	1 unidad
Papel aluminio	5 metros
Plástico de invernadero 6mm (Polietileno de baja densidad PEBD)	2 metros
Bisturí o tijeras	1 unidad
Pistola de silicona	1 unidad

Pintura negra	500 ml
Cinta adhesiva 18 mm x 50 m	1 rollo
Pegante para papel (Colbón)	245g
Tela tipo velo	3 metros
Malla de plástico (Polietileno de alta densidad PEAD)	2 metros

Fuente: Autor.

- **Convertor de Energía Eólica en Energía Eléctrica**

Tabla 5 Materiales Necesarios para el Convertor de Energía Eólica en Energía Eléctrica

Materiales	Cantidades
Ventilador de mesa 20 – 40 cm de Diámetro 110V	1 Unidad
Tubo PVC 8 pulgadas	20 cm
Extractor eólico 15 pulgadas	1 unidad
Dinamo 2V	1 unidad
Bombillo LED 3V	1 unidad
Multímetro	1 Unidad
Soporte para dinamo	1 Unidad

Fuente: Autor.

- **Mini - hidroeléctrica**

Tabla 6 Materiales Necesarios para la Mini - Hidroeléctrica

Materiales	Cantidades
Válvula o llave de cierre para manguera de ½ pulgada	1 unidad
Manguera de ½ pulgada	2 metros
Rueda dentada para conexión a motor	1 unidad
Motor eléctrico 12V – 24V	1 unidad
Bombillo 3V micro- LED	1 unidad
Recipiente de plástico para almacenamiento de agua de 1 litro	2 unidades
Teflón	1 rollo
Taladro	1 unidad
Pinza caimán Rojo- Negro	1 par
Pistola de silicona	1 unidad

Fuente: Autor.

11.3 Fase 3: Propuesta de implementación laboratorio de energías alternativas.

En la tercera y última fase, se mencionarán datos como el tamaño del salón y la ubicación de las pruebas en éste, asimismo se mencionará el paso a paso de cada prueba de laboratorio seleccionada y el diseño de guías de trabajo para el óptimo desarrollo y el aprendizaje de los estudiantes.

11.3.1 Tamaño del salón seleccionado para el laboratorio de Energías Alternativas

En la figura 18 y figura 19 se muestra el plano del salón genérico, con una vista lateral y de planta. Se proyecta que este tendrá unas medidas aproximadas donde se muestra la adecuación del salón teniendo como referencia una Tesis de Maestría en Arquitectura en la Universidad Autónoma de Guerrero, México (Arizmendi, I. 2018). Se tienen en cuenta estas referencias ya que existe una relación aproximada a la planta de la Universidad Antonio Nariño. Adicionalmente se presenta en la figura 20 una adecuación de como irán ubicadas las diferentes pruebas de laboratorio teniendo en cuenta las exigencias requeridas para cada una de ellas. En la figura 21 se observa la adecuación de las pruebas para energía solar (Cocina solar, Calentador solar y Secador solar) y en la figura 22 las pruebas para la energía eólica e hidráulica (Convertor de energía eólica y Mini- Hidroeléctrica).

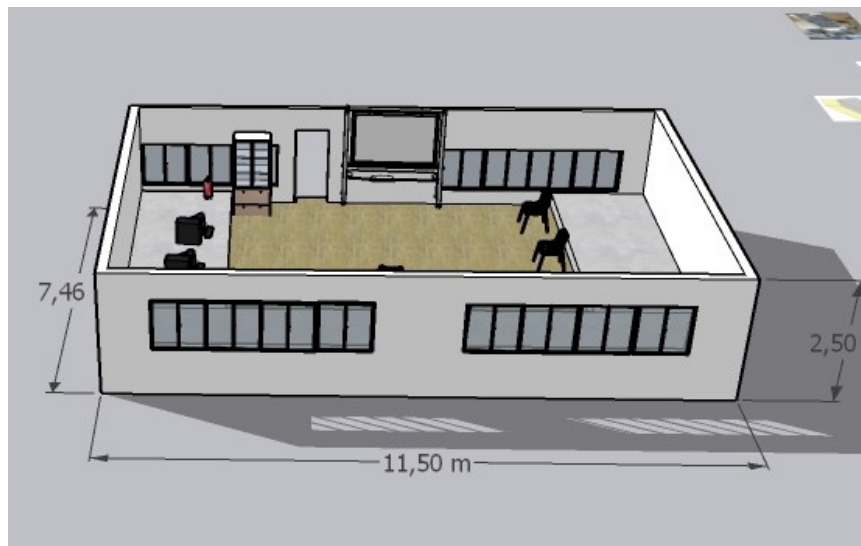


Figura 18: Plano del salón de Laboratorio, vista lateral

Fuente: Autor.



Figura 21: Adecuación de las pruebas para energía solar

Fuente: Autor.

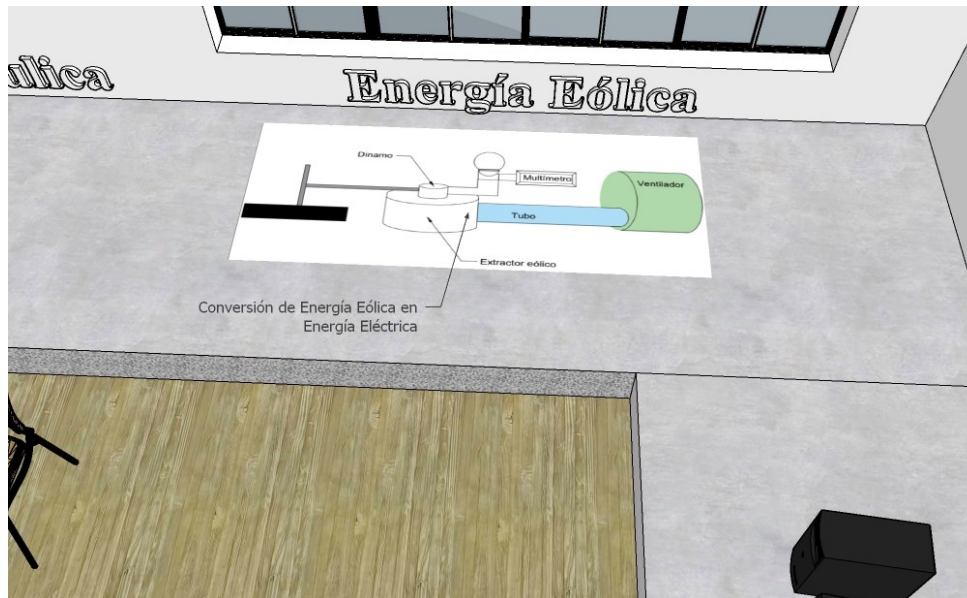


Figura 22: Adecuación de las pruebas para energía eólica

Fuente: Autor.



Figura 23: Adecuación de las pruebas para energía hidráulica

Fuente: Autor.

11.3.2 Paso a paso de cada prueba de Laboratorio de Energías Alternativas

A continuación, se expondrá el procedimiento paso a paso de cada una de las pruebas de Laboratorio. Asimismo se presentarán guías de Laboratorio elaboradas por el autor, relacionadas en los anexos como material de apoyo para el desarrollo del laboratorio y la ejecución de cada prueba.

- **Procedimiento del Calentador Solar**

Para la elaboración de esta prueba es indispensable tener materiales como: 9 botellas de plástico de 1.5 L, un taladro, 1000 ml de pintura negra, 5m de manguera de polietileno de $\frac{3}{4}$ de pulgada, 2 codos para tubo PVC $\frac{3}{4}$ de pulgada, 1 tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada, 1 hoja de sierra, 1 rollo de teflón, 6 tubos “T” para tubo PVC $\frac{3}{4}$ de pulgada, 1 pegante para tubo, rosca macho- hembra para tubo PVC $\frac{3}{4}$ de pulgada, tabla de madera o triplex de 2m X 2m, toalla para limpieza y recipiente plástico para almacenamiento de agua de 5 L. El procedimiento del calentador solar es el siguiente:

- a) Quitar las etiquetas y limpiar las botellas de plástico.
- b) Con el taladro, abrir un orificio en la base de cada botella del tamaño de la boca de la botella (donde va la tapa).
- c) Posteriormente, se unen las botellas colocando la boca de una en el orificio perforado en la base de la otra botella para formar 1 columna de 3 botellas e introducir un pedazo de manguera de tal forma que pase por las tres botellas (repetir este paso 3 veces).
- d) Unir las tres columnas con tubo “codo” en dos extremos y con tubo “T” en las bocas de las botellas y unir con pedazos de tubo (pegar con pegante para tubo o teflón).
- e) Después de tener la estructura armada, pintar uno de los lados de las botellas con pintura negra, ésto con la intención de absorber el calor que emite la luz solar.
- f) Abrir dos orificios del tamaño de la manguera en el recipiente para almacenar el agua uno en frente del otro.
- g) Pegar las roscas de unión en uno de los orificios del recipiente y unir al inicio de su estructura ayudado con tubo o manguera. (utilizar pegante para tubo o teflón).
- h) En el final de su estructura colocar manguera y unir al otro orificio del recipiente (recirculación del agua).
- i) Colocar la estructura ya construida sobre la tabla de madera en un ángulo que permita la fácil recepción de luz y la recirculación de agua.
- j) Agregar agua al recipiente y poner en funcionamiento.

El correcto procedimiento de este laboratorio es fundamental para su aprendizaje, éste para demostrar cómo funciona la energía solar térmica. En el anexo 15.1 se encontrará el prototipo de guía de laboratorio establecida por el autor.

- **Procedimiento de la Cocina Solar**

En la construcción de la cocina solar se necesitan materiales como: 1 caja de cartón de 30 cm x 11 cm, 1 vidrio transparente de 30 cm x 11 cm, 5 metros de papel aluminio, 245g de pegante para papel (Colbón), 1 rollo de cinta adhesiva, ½ pliego de cartulina negra, 3 metros de plástico vinipel y bisturí o tijeras. El procedimiento de la cocina solar es el siguiente:

- a) A la caja de cartón se le abrirá una ventana lateral, esto con el fin de introducir la comida por ahí.
- b) Colocar plástico vinipel en la parte exterior de la ventana y adherir con cinta adhesiva.
- c) Verificar que no queden fugas de aire.
- d) Posteriormente, forrar el interior de la caja en su totalidad con papel aluminio con la parte mate del papel hacia adentro es decir pegar la parte brillante ya que el lado mate del papel absorbe el calor exterior y el lado brillante lo refleja. Fijar con pegante (Colbón) o cinta adhesiva.
- e) En el fondo de la caja, colocar cartulina negra, esto con la intención de absorber el calor que se refleja en el papel aluminio.
- f) Colocar la lámina de vidrio sobre la abertura principal de la caja verificando no tener fugas de aire.
- g) En caso de no contar con una lámina de vidrio se puede utilizar plástico

vinipel para sellar esta abertura,

- h) Verificar que no se tengan fugas de aire.
- i) Colocar en funcionamiento la cocina solar.

El éxito de este Laboratorio está en el correcto procedimiento para evidenciar cómo funciona la energía solar térmica. En el anexo 15.2 se encontrará el prototipo de la guía de laboratorio establecida por el autor.

- **Procedimiento para el Secador de Frutas y Hortalizas**

Los materiales necesarios para el secador solar son: 1 caja de cartón de 30 cm x 11 cm con tapa, 5 metros de papel aluminio, 245g de pegante para papel (Colbón), 1 rollo de cinta adhesiva, bisturí o tijeras, pistola de silicona, 500ml de pintura negra, 3 metros de tela tipo velo, 2 metros de plástico de invernadero 6mm (polietileno de baja densidad PEBD) y 2 metros de malla de plástico (polietileno de alta densidad PEAD). El procedimiento del secador de frutas solar es el siguiente:

- a) Tomar la tapa de la caja de cartón y con ayuda de un bisturí o tijeras realizar una abertura de buen tamaño.
- b) Forrar el interior de la base de la caja con papel aluminio (ayudarse de pegante o cinta adhesiva), con la parte mate del papel hacia adentro es decir pegar la parte brillante ya que el lado mate del papel absorbe el calor exterior y el lado brillante lo refleja.
- c) En caso de no tener papel aluminio se puede reemplazar por pintura negra esto con la intención de absorber el calor que emite la luz solar.
- d) Realizar pequeños orificios en las partes laterales de la caja para permitir el paso de aire (realizar bastantes orificios).

- e) Sellar estos orificios por la parte externa de la caja con tela tipo velo, esto para que no ingresen insectos al secador.
- f) Introducir la malla de plástico la cual debe quedar en la mitad de la caja y adherir con silicona para mayor resistencia.
- g) En la abertura realizada en la tapa, sellar con plástico de invernadero (ayudarse de pegante o cinta adhesiva).
- h) Poner en funcionamiento el secador solar.

Para demostrar cómo funciona la energía solar térmica, se necesita un correcto procedimiento, En el anexo 15.3 se encontrará el prototipo de la guía de laboratorio establecida por el autor.

- **Procedimiento para el Conversor de Energía Eólica a energía Eléctrica**

Como este ensayo es demostrativo para enseñar cómo es la conversión de energía eólica a energía eléctrica, es indispensable tener los siguientes materiales: un ventilador de mesa de 20- 40 cm de diámetro y 110 V, un tubo de PVC de 8 pulgadas y 20 cm de largo, un extractor eólico de 15 pulgadas, un dínamo, un multímetro, un soporte para el dínamo y un bombillo LED de 3 V. El procedimiento para el conversor eólico es el siguiente:

- a) Colocar el ventilador sobre una superficie plana.
- b) Seguido del ventilador se coloca el tubo de PVC de manera horizontal, creando un puente entre el ventilador y el extractor eólico.
- c) Seguido del tubo de PVC, colocar el extractor eólico.
- d) Con un soporte colocar el dínamo sobre el extractor eólico.
- e) Realizar la conexión entre el dínamo y el bombillo LED.
- f) Conectar el multímetro al bombillo para verificar la cantidad de energía

generada.

Para este laboratorio demostrativo es de gran importancia su adecuada instalación, esto para enseñar cómo funciona la energía eólica. En el anexo 15.4 se encontrará el prototipo de la guía de laboratorio establecida por el autor.

- **Procedimiento para una mini – hidroeléctrica**

Para la creación de la mini hidroeléctrica es indispensable tener los siguientes materiales: pistola de silicona, un par de pinzas caimán para conectar cable, un taladro, un rollo de teflón, un bombillo micro LED, un motor eléctrico 12V – 24V, una rueda dentada para conexión a motor, una válvula o llave de cierre para manguera de ½ pulgada, dos recipientes de plástico para almacenamiento de agua de 1 L, un recipiente rectangular grande y 2 metros de manguera de ½ pulgada. El procedimiento para la mini-hidroeléctrica es el siguiente:

- a) A uno de los recipientes plásticos se le hace un orificio del tamaño del diámetro de la manguera.
- b) A este orificio realizado, colocarle la llave de cierre o válvula junto con la manguera (ayudarse de silicona o teflón). (revisar las fugas de agua).
- c) Al otro recipiente de plástico, realizarle un orificio en la base para colocarle el motor.
- d) Introducir el motor por el orificio realizado colocándolo en el exterior del recipiente (fijar con silicona).
- e) En el interior de este recipiente unir la rueda dentada al motor.
- f) A ese mismo recipiente, realizarle un orificio del diámetro de la manguera a la altura de la rueda dentada.

- g) Conectar el otro extremo de la manguera al recipiente con el motor (ayudarse de teflón o silicona y revisar las fugas de agua).
- h) Conectar el motor al bombillo micro LED con ayuda de pinza caimán.
- i) Colocar el recipiente boca abajo sobre el recipiente rectangular grande, para recibir el agua que cae.
- j) Llenar el primer recipiente, y comenzar con el procedimiento al abrir la válvula.

El éxito de este Laboratorio está en el correcto procedimiento, ésto para demostrar cómo funciona la energía hidráulica. En el anexo 15.5 se encontrará el prototipo de la guía de laboratorio establecida por el autor.

11.4 Análisis de Resultados

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta propuesta de diseño para un laboratorio de energías alternativas, las universidades con laboratorios funcionales, las distintas energías alternativas existentes, los diversos ensayos que se pueden realizar para su enseñanza y las guías de trabajo elaboradas y presentadas en los anexos, se entiende que es una propuesta extensa, la cual no se puede abarcar en una sola investigación, donde se propone indagar en nuevas pruebas de laboratorio basadas en otras fuentes de energía en futuras investigaciones, buscando materiales de uso biodegradable e incluso generar estos ensayos de laboratorio en tamaño real e implementarlos en estructuras industriales y residenciales con materiales resistentes y biodegradables teniendo siempre presente el desarrollo sostenible y sustentable del planeta.

A pesar de ser una propuesta extensa, es buena y conveniente no solo para la Universidad Antonio Nariño sino para otros centros de educación superior que deseen implementar este tipo de laboratorios en su plantel educativo; dado que esta propuesta tiene unos planos genéricos que son aplicables a cualquier planta estructural, y el propósito de las guías de trabajo hacen más sencilla la enseñanza por parte de los docentes y estudiantes en esta rama de la Ingeniería Ambiental.

Aunque, el laboratorio de energías alternativas está planteado exclusivamente para el uso y la enseñanza de estudiantes de ingeniería ambiental, cabe la posibilidad de que esté disponible para las carreras afines a las energías debido a que sería de gran ayuda para su aprendizaje y, por qué no, complementar los conocimientos de ambas carreras en búsqueda de la optimización de dichas energías limpias. Asimismo se propone la creación de un semillero de investigación en energías alternativas ya que es de gran importancia en

el estudio de éstas, tratando de sustituir las energías a base de combustibles fósiles, buscando siempre el equilibrio entre la economía, el ambiente y el hombre.

Con base en la consulta realizada durante el desarrollo de este proyecto se pudo conocer sobre laboratorios remotos en diferentes centros educativos a nivel mundial. Así como lo plantea (Al-Zoubi *et al.* 2020), que tuvieron el objetivo de describir nuevos cursos de energías renovables con el fin de modernizar el plan de estudios de las diferentes universidades en Jordania en todas las carreras afines y sacar el máximo provecho a la tecnología, teniendo resultados de aprendizaje similares a los obtenidos en los cursos presenciales.

Este método de enseñanza remoto se podría implementar en la Universidad Antonio Nariño ya que es de gran importancia y ayuda para aquellos que desean obtener conocimientos sobre el tema de las energías limpias, pero no les es posible acceder a la educación presencial asimismo al ser establecido de forma remota estas pruebas podrían ser llevadas a la práctica en el área rural.

12 Conclusiones

- Durante el desarrollo de este documento se propuso el diseño de un Laboratorio de energías alternativas para la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, analizando las diferentes formas de obtención de energías y las más adecuadas para el estudio universitario teniendo en cuenta la infraestructura, el tiempo y la complejidad de cada ensayo; investigando los diferentes tipos de energías alternativas y su viabilidad para este laboratorio y los distintos centros educativos nacionales e internacionales que cuentan con este tipo de laboratorios de enseñanza.

- Al seleccionar las pruebas de laboratorio para implementar en la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, se tuvo presente el estudio de esta rama de la ingeniería en otros centros de educación superior a nivel nacional y latinoamericano mediante consultas en bases de datos y páginas web de las diferentes Universidades evidenciando la calidad de sus laboratorios y grupos de investigación. Asimismo teniendo en cuenta los recursos utilizados para su implementación en cada centro educativo.

- Considerando que no hay un espacio destinado para este Laboratorio y hasta el momento es una propuesta de diseño, se realizaron unos planos en el programa de modelado en tres dimensiones *sketchUp*. Estos planos fueron realizados con el fin de tener presente la adecuación del laboratorio en un salón de clases genérico, según planos consultados en la bibliografía cuyas medidas son estándar y muy parecidas a las de la infraestructura de la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá.

- Para la adecuación del laboratorio y de los ensayos correspondientes, se tuvo en cuenta diferentes materiales los cuales en este caso pueden ser reutilizables como botellas plásticas o cajas de cartón, reciclables al momento de desecharlos como los recipientes plásticos de PP 5, las cajas de cartón y las botellas PET, y de bajo costo para su adquisición como el papel aluminio, el plástico vinipel y la cartulina. Éstos son de gran utilidad para la enseñanza de las energías alternativas.

13 Recomendaciones

- Se recomienda realizar los ensayos de laboratorio como se describen a lo largo del documento ya que, estos procedimientos son adecuados por facilidad y economía para el estudio de las energías alternativas.
- Se recomienda continuar con el estudio y diseño de este laboratorio de energías limpias, implementando la mayoría de formas de generación energética sostenibles y sustentables y así contar con un centro de estudio muy completo.
- Se recomienda la implementación de un semillero de investigación de energías renovables ya que este campo de estudio es muy amplio y poco conocido por los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá.
- Se recomienda indagar más en el tema de los laboratorios de enseñanza remota, ya que es de gran importancia y ayuda para aquellos que desean obtener conocimientos del tema de las energías limpias, pero no les es posible acceder a la educación presencial.

14 Referencias Bibliográficas

- Acciona. (2014). Energía solar fotovoltaica. Grupo acciona. Recuperado de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Al-Khasawneh, A. Al-Zoubi, B. Hammad & H. Hijazi "Student-Centered Engineering Education: The Renewable Energy Case," 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Porto, Portugal, 2020, pp. 477-486, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125116.
- Al-Zoubi, A., Hammad, B., Ros, S., Tobarra, L., Hernandez, R., Pastor, R., & Castro, M. (2015). *Remote laboratories for renewable energy courses at Jordan universities. Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-February*(February), 1–4. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044175>
- Al-Zoubi, A. Castro, M. & Hammad, B (2020). Harnessing technology in collaborative renewable energy education. *International Journal of Ambient Energy*, 41(10), 1118-1125. doi:10.1080/01430750.2018.1501751
- Araque, W. A. (2020). Energías alternativas una vía para el desarrollo sustentable. *Revista Ambientellania*, 3(1), 10. Recuperado de <http://unellez.edu.ve/revistas/index.php/ambientellania/article/view/884/779>
- Área metropolitana del Valle de Aburrá (metropol). (2019). *Energías renovables*. Valle de Aburrá, Col.: Metropol. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/Energias-Renovables.aspx>
- Arango, M., Herrera, L., Salazar, J., Torres, H. y Vargas, J. (2016). Prototipo mecánico de transformación de energía hidráulica en energía eléctrica. *Visión electrónica, más*

- que un estado sólido*, 10 (1), 1-10. <https://doi.org/10.14483/22484728.11713>
- Arizmendi, I. (2018). *La habitabilidad de los espacios educativos de nivel básico en el estado de Guerrero*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Guerrero, México. Recuperado de <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/496>
- Concari, S., Plano, M. y Saez de Aregui, G. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de enseñanza de la Física*, 27(extra), 593-599. Recuperado de www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715/2014. Integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. Bogotá. Congreso de Colombia. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.
- Congreso de Colombia. (2019). *Ley 1955/2019 Plan de desarrollo nacional 2018-2022*. Bogotá. Congreso de Colombia. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.
- Director general UPME. (2018). *Resolución 000703/2018 Requisitos para obtener la certificación de proyectos FNCE*. Bogotá. Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.
- Doménech, J. (ed.). (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. Madrid, España: AENOR ediciones
- Durán-García, M. E., & Durán-Aponte, E. E. (2016). *Laboratorio de enseñanza de energías limpias: el caso de la Universidad Simón Bolívar y su impacto en la*

- comunidad Camurí Grande – Anare (Venezuela). Respuestas, 21(1), 16.*
<https://doi.org/10.22463/0122820x.631>
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2010). *Laboratorio de energía.* Facultad de Ingeniería Eléctrica. Recuperado de <https://www.escuelaing.edu.co/es/laboratorios/54>
- Espinoza, J. L., Gonzalez, L. G., & Sempertegui, R. (2018). *Micro grid laboratory as a tool for research on non-conventional energy sources in Ecuador. 2017 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing, ROPEC 2017, 2018-Janua (Ropec), 1–7.* <https://doi.org/10.1109/ROPEC.2017.8261615>
- Factor energía. (2016). *Energías alternativas: Qué son y qué tipos existen.* Barcelona, Esp. Recuperado de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-son-energias-alternativas/>
- Foro de la Industria Nuclear Española. (s.f). *Qué es la energía hidráulica y cómo se aprovecha?*. Madrid, Esp. Foro de la Industria Nuclear Española. Recuperado de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-aprovecha/>
- Fundación Endesa. (S.f). *Centrales de Biomasa y sus tipos.* Madrid, Esp. Fundación Endesa. Recuperado de <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa>
- Fundación Endesa. (2019). *Cómo se produce la energía eléctrica? Hidráulica - Geotérmica - Mareomotriz.* Madrid, Esp. Fundación Endesa. Recuperado de <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/blog/como-generar-la-energia->

electrica-parte-4

Kausik, S.C., Kotari, S. y Panwar, N.L. (2012). State of the art of solar cooking: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (2012), 3776–3785.

Doi:10.1016/j.rser.2012.03.026

Marín, C. (2004). La energía eólica en España. *Investigaciones Geográficas*. (35), 45-65.

Recuperado de <http://www.cervantesvirtual.com/research/la-energa-elica-en-espaa-0/0081acd4-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf>

Mert, P. (2018). Box type solar cookers with sensible thermal energy storage medium: A comparative experimental investigation and thermodynamic analysis. *Solar Energy*, 166. 432-440. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.077>.

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (s.f). *causas del cambio climático*. Col.

Recuperada de

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/Component/content/article/370-plantilla-cambio-climatico-7>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Resolución 1283/2016 Requisitos para la expedición de certificación por nuevos proyectos FNCER*. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de

<https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Resolución 1312/2016*

Elaboración de estudios de impacto ambiental en proyectos de energía eólica.

Bogotá. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de

<https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 1303/2018 Requisitos*

para obtener la certificación de proyectos FNCER. Bogotá. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. (s.f.). *Ahorras voz, gana el planeta.* Fascículos coleccionables n° 2. Gobierno de Mendoza, Argentina. Recuperado de <https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/14/2017/02/Fasciculo-Nro2-Energia.pdf>

Ministerio de Minas y Energías. (2015). *Decreto 2143/2015 Decreto único reglamentario y administrativo de Minas y Energía.* Bogotá. Ministerio de Minas y Energías. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Minas y Energías. (2014) *Decreto 2469/2014 por el cual Establecen los lineamientos de política energética en la entrega de excedentes de autogeneración.* Bogotá. Ministerio de Minas y Energías. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Minas y Energías. (2015). *Resolución 00281/2015 Define el límite máximo de potencia de la autogeneración energética a pequeña escala.* Bogotá. Ministerio de Minas y Energías. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

Ministerio de Minas y Energías. (2015). *Resolución 024/2015 Regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema de Interconexión Nacional.* Bogotá. Ministerio de Minas y Energías. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>.

- Mora, C. (2018). *Estudio del comportamiento y acidificación de tres biorreactores anaerobios con diferentes tipos de inoculación y matrices de soporte, alimentados con agua residual industrial sintética*. (Tesis de pregrado). Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia.
- Moreno, P. (2013). *Energía eólica: ventajas y desventajas de su utilización en Colombia* (Tesis de especialización). Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10602/Monograf%C3%ADa.pdf?sequence=1>
- Ovejero, A. (2007). Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico. *ASADES*, 11, 39–46.
- Planas, O. (2011). *Energía solar térmica*. Energía solar. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015-2030). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Rio de Janeiro (2012). PNUD. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Revista Portafolio. (2019). *AES Colombia compra el parque eólico más grande de la Nación*. Bogotá, Col. Revista Portafolio. Recuperado de <https://www.portafolio.co/negocios/aes-colombia-compra-el-parque-eolico-mas-grande-de-la-nacion-526886>
- Tobarra, L., Ros, S., Hernandez, R., Pastor, R., Robles-Gomez, A., Cammero, A. C., & Castro, M. (2014). Low-cost remote laboratories for renewable energy in distance education. *Proceedings of 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2014*, 106–111. <https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784235>

Universidad Autónoma de Manizales. (2019). *La UAM inaugura su Laboratorio de Energías Renovables*. Recuperado de <https://www.autonoma.edu.co/noticias/la-uam-inaugura-su-laboratorio-de-energias-renovables>

Universidad de Guadalajara. (1997-2020). *Laboratorio de Energías Renovables*. Investigación en Maestrías y Doctorados. Jalisco, México. Recuperado de http://www.cutonala.udg.mx/coordinacion_investigacion/unidades-de-investigacion/laboratorios/lab-energias

Universidad de los Andes. (2008). *Experimentos demostrativos, Hidroeléctrica*. Bogotá, Col. Departamento de Física. Recuperado de <https://fisicaexpdemostrativos.uniandes.edu.co/Hidroelectrica.html>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (s.f). *GIEAU Grupo de Investigación en Energías Alternativas*. Unidad de investigaciones facultad tecnológica. Recuperado de <http://www1.udistrital.edu.co:8080/web/unidad-de-investigaciones-de-la-facultad-tecnologica/gieaud1>

Universidad Nacional Agraria La Molina. (2016). *Laboratorio de Energías Renovables*. Curso de Energías Renovables. La Molina, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/ler/>

Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f). *Fuentes renovables de energía*. IER Instituto de Energías Renovables. Recuperado de <https://www.ier.unam.mx/investigacion/#lineas>

Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Laboratorio de ciencias de la energía*. Facultad de minas. Recuperado de <http://direcciondelaboratorios.medellin.unal.edu.co/index.php/nuestros->

laboratorios/facultad-de-minas/99

Universidad Nacional de Costa Rica. (2012). *Laboratorio de Energía Solar*. Departamento
de Física. Recuperado de
http://www.campus.una.ac.cr/ediciones/2012/marzo/2012marzo_pag18a.html

15 Anexos

15.1 Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 1: Calentador Solar

Tabla 7 Guía de laboratorio calentador solar

CALENTADOR SOLAR	PRÁCTICA No. 01
TEMA DE LA PRÁCTICA: Energía solar (Térmica).	
LABORATORIO A UTILIZAR: Laboratorio de Energías Alternativas.	
CONTENIDO DE LA GUÍA	
OBJETIVOS <ul style="list-style-type: none">• Identificar los diferentes tipos de energía solar existentes y sus formas de aprovechamiento.• Analizar el impacto generado de las energías alternativas en la actualidad.• Detallar la importancia de esta energía en el desarrollo sostenible y sustentable.• Realizar el calentador solar para el estudio de la energía solar térmica.	
INTRODUCCIÓN <p>Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte</p>	

teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

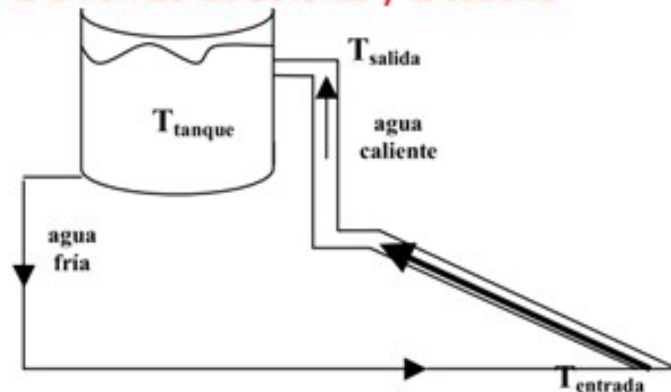
MARCO TEÓRICO

Al hablar de energía solar, la dividimos en dos ramas, la energía solar fotovoltaica que convierte la luz del sol en energía por medio de paneles solares y la energía solar térmica la cual aprovecha el calor producido por medio de ondas electromagnéticas para aprovecharlo directamente o generar energía. Esta energía tiene grandes ventajas como su fuente inagotable, los bajos costos en instalación y mantenimiento y el tiempo de vida útil, la energía solar fotovoltaica se puede almacenar por ende da una gran producción energética a pequeña escala; pero así como tiene ventajas tiene desventajas una de ellas y quizá la más importante son los residuos que generan los paneles fotovoltaicos al cumplir su ciclo de vida útil (*Arregui et al., 2015*)(*Ministerio de economía, infraestructura y energía, s.f.*)

Esta energía consiste en transformar la energía solar (calor producido) en energía térmica. Este tipo de energía se puede implementar en centrales eléctricas (temperaturas por encima de 500°C), instalaciones pequeñas o viviendas (temperaturas menores a 65°C) y para la utilización de dispositivos que concentran la radiación solar (temperaturas entre 100°C y 300 °C) (*Planas, O. 2011*).

En este laboratorio se realizará un calentador solar el cual se muestra un prototipo realizado en la Universidad de La Plata Argentina, mediante la siguiente imagen.

se utilizan tubo "codo" y tubo "t" para la union de las botellas y la tuberia



Calentador de Agua

Fuente: Ovejero, (2007) Modificada por el Autor.

METODOLOGÍA

1. Ingreso de los estudiantes a la práctica (Cada uno debe tener sus elementos de bioseguridad: Guantes y Bata).
2. Aclaración de las posibles dudas que tengan los estudiantes.
3. Explicación del procedimiento de la práctica por parte del docente.
4. Entrega del material de laboratorio.
5. Desarrollo de la práctica.
6. conclusiones.
7. Entrega y revisión del material de Laboratorio.
8. Entrega de informe de Laboratorio

MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

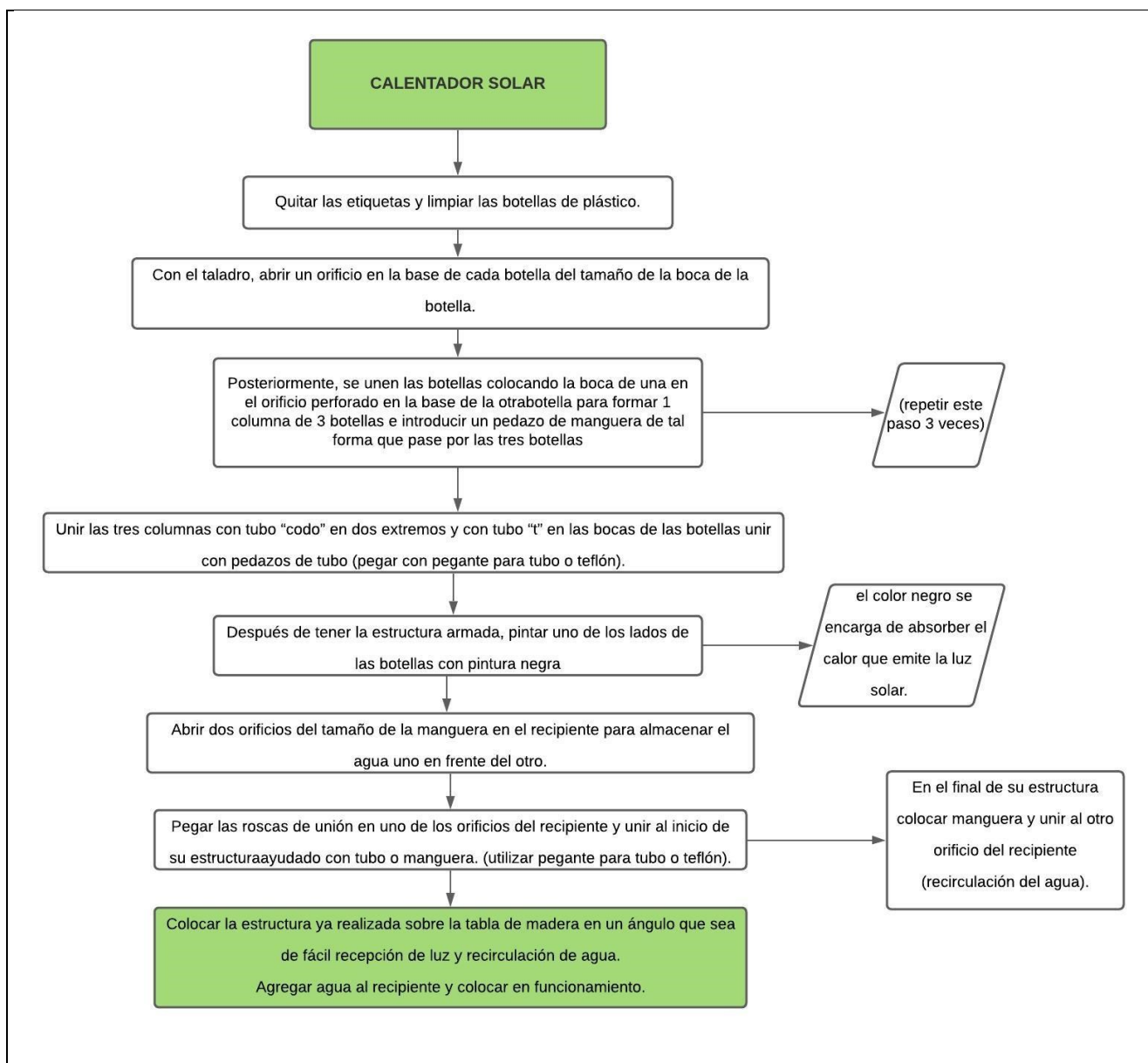
CANTIDAD	MATERIALES
9 unidades	Botella de plástico 1.5 L
1 unidad	Taladro

5 metros	Manguera polietileno negra $\frac{3}{4}$ de pulgada
2 unidades	Codo para tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada
1 unidad	Tubo PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada
1 unidad	Hoja para segueta
1 rollo	Teflón
6 unidades	Tubo "T" $\frac{3}{4}$
500 ml	Pintura negra genérica
1 unidad	Tabla de madera o triplex de 2m X 2m
1 unidad	Pegante para tubo
1 unidad	Toalla o trapo para limpieza
1 unidad	Recipiente plástico para almacenamiento de agua de 5 L
1 unidad	Juego de roscas para tubo PVC $\frac{3}{4}$ de pulgada

PRECAUCIONES Y MANEJO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

- Usar elementos de protección bata y guantes como requisitos mínimos de seguridad al ingresar al laboratorio.
- NUNCA corra o juegue en el Laboratorio, puede ocasionar un accidente.
- Dejar el lugar de trabajo limpio, seco y organizado.

PROCEDIMIENTO



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Concari, S., Plano, M. y Saez de Aregui, G. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de enseñanza de la Física*, 27(extra), 593-599. Recuperado de www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. (s.f.). *Ahorras voz, gana el planeta*. Fascículos coleccionables n° 2. Gobierno de Mendoza, Argentina. Recuperado de

<https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/14/2017/02/Fasciculo-Nro2-Energia.pdf>

Planas, O. (2011). *Energía solar térmica*. Energía solar. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Fecha:

Fuente: Autor.

15.2 Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 2: Cocina Solar

Tabla 8 Guía de laboratorio cocina solar

COCINA SOLAR	PRÁCTICA No. 02
TEMA DE LA PRÁCTICA: Energía solar (Térmica).	
LABORATORIO A UTILIZAR: Laboratorio de Energías Alternativas.	
CONTENIDO DE LA GUÍA	
OBJETIVOS <ul style="list-style-type: none">• Identificar los diferentes tipos de energía solar existentes y sus formas de aprovechamiento.• Analizar el impacto generado de las energías alternativas en la actualidad.• Detallar la importancia de esta energía en el desarrollo sostenible y sustentable.• Realizar el ensayo de la cocina solar para el estudio de la energía solar térmica.	

INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

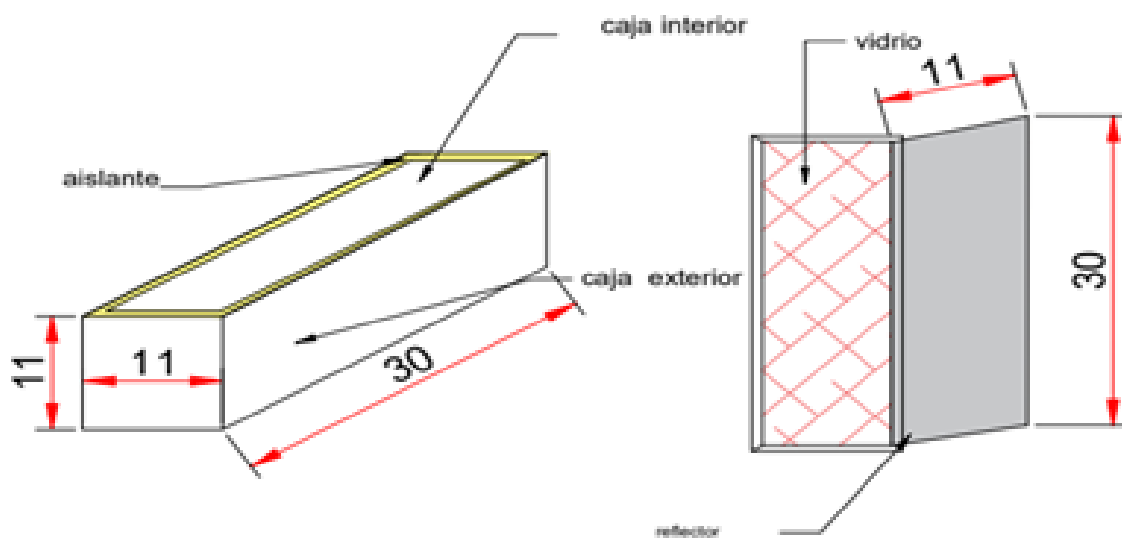
MARCO TEÓRICO

Al hablar de energía solar, la dividimos en dos ramas, la energía solar fotovoltaica que convierte la luz del sol en energía por medio de paneles solares y la energía solar térmica la cual aprovecha el calor producido por medio de ondas electromagnéticas para aprovecharlo directamente o generar energía. Esta energía tiene grandes ventajas como su fuente inagotable, los bajos costos en instalación y mantenimiento y el tiempo de vida útil, la energía solar fotovoltaica se puede almacenar por ende da una gran producción energética a pequeña escala; pero así como tiene ventajas tiene desventajas una de ellas y quizá la más importante son los residuos que generan los paneles fotovoltaicos al cumplir su ciclo de vida útil (*Arregui et al., 2015*)(*Ministerio de economía, infraestructura y energía, s.f.)*

Esta energía consiste en transformar la energía solar (calor producido) en energía térmica. Este tipo de energía se puede implementar en centrales eléctricas (temperaturas por encima de 500°C), instalaciones pequeñas o viviendas (temperaturas menores a 65°C) y para la utilización de

dispositivos que concentran la radiación solar (temperaturas entre 100°C y 300 °C) (Planas, O. 2011).

En este laboratorio se realizará una cocina solar para demostrar cómo se transmite el calor solar (energía solar térmica). Para este ensayo se muestra un prototipo realizado a computador en la siguiente imagen.



las unidades de las dimensiones están estipuladas en cm.

plano de cocina solar tipo caja

Fuente: Autor.

METODOLOGÍA

1. Ingreso de los estudiantes a la práctica (Cada uno debe tener sus elementos de bioseguridad: Guantes y Bata).
2. Aclaración de las posibles dudas que tengan los estudiantes.
3. Explicación del procedimiento de la práctica por parte del docente.
4. Entrega del material de laboratorio.

5. Desarrollo de la práctica.
6. conclusiones.
7. Entrega y revisión del material de Laboratorio.
8. Entrega de informe de Laboratorio

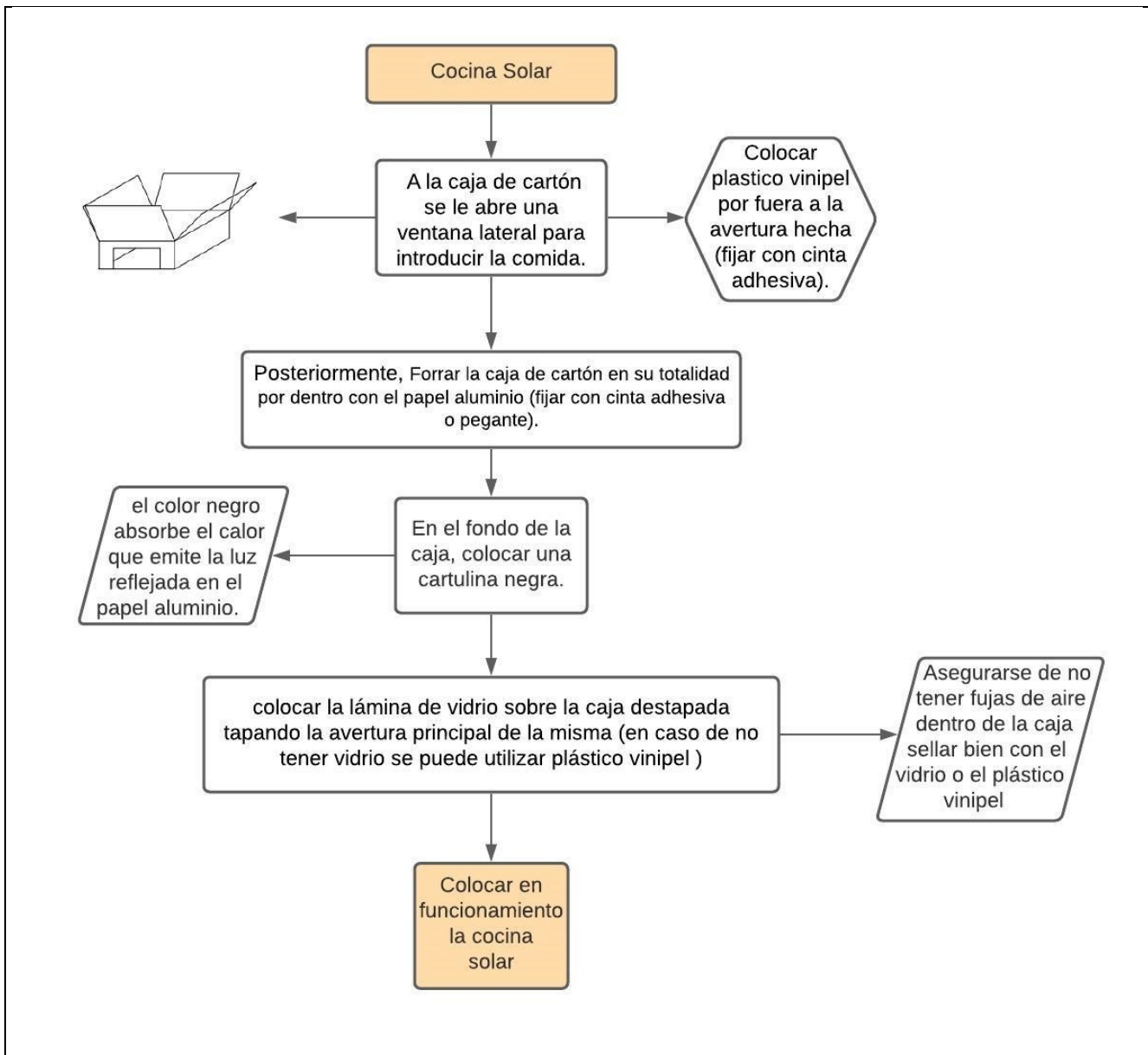
MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

CANTIDAD	MATERIALES
1 unidad	Caja de cartón 30 cm x 11 cm
1 unidad	vidrio transparente (30cm x 11cm) 4mm de grosor
5 metros	papel aluminio
245 g	Pegante para papel (Colbón)
1 rollo	Cinta adhesiva 18 mm x 50m
½ pliego	Cartulina negra
3 metros	Vinipel
1 unidad	Bisturí o tijeras

PRECAUCIONES Y MANEJO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

- Usar elementos de protección bata y guantes como requisitos mínimos de seguridad al ingresar al laboratorio.
- NUNCA corra o juegue en el Laboratorio, puede ocasionar un accidente.
- Dejar el lugar de trabajo limpio, seco y organizado.

PROCEDIMIENTO



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Concari, S., Plano, M. y Saez de Aregui, G. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de enseñanza de la Física*, 27(extra), 593-599. Recuperado de www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
- Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. (s.f.). *Ahorras voz, gana el planeta*. Fascículos coleccionables n° 2. Gobierno de Mendoza, Argentina. Recuperado de

<https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/14/2017/02/Fasciculo-Nro2-Energia.pdf>

Planas, O. (2011). *Energía solar térmica*. Energía solar. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Fecha:

Fuente: Autor.

15.3 Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 3: Secador Solar

Tabla 9 Guía de laboratorio secador solar

PRÁCTICA	
SECADOR SOLAR	No. 03
TEMA DE LA PRÁCTICA: Energía solar (Térmica).	
LABORATORIO A UTILIZAR: Laboratorio de Energías Alternativas.	
CONTENIDO DE LA GUÍA	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none">• Identificar los diferentes tipos de energía solar existentes y sus formas de aprovechamiento.• Analizar el impacto generado de las energías alternativas en la actualidad.• Detallar la importancia de esta energía en el desarrollo sostenible y sustentable.• Desarrollar la prueba del secador solar para el estudio de la energía solar térmica.	

INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

MARCO TEÓRICO

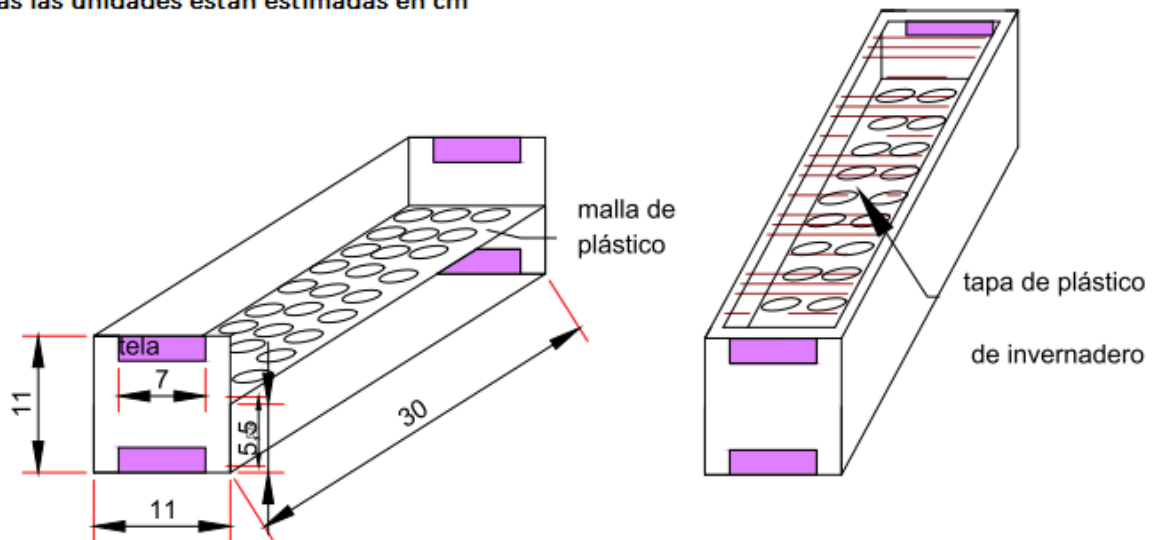
Al hablar de energía solar, la dividimos en dos ramas, la energía solar fotovoltaica que convierte la luz del sol en energía por medio de paneles solares y la energía solar térmica la cual aprovecha el calor producido por medio de ondas electromagnéticas para aprovecharlo directamente o generar energía. Esta energía tiene grandes ventajas como su fuente inagotable, los bajos costos en instalación y mantenimiento y el tiempo de vida útil, la energía solar fotovoltaica se puede almacenar por ende da una gran producción energética a pequeña escala; pero así como tiene ventajas tiene desventajas una de ellas y quizá la más importante son los residuos que generan los paneles fotovoltaicos al cumplir su ciclo de vida útil (*Arregui et al., 2015*)(*Ministerio de economía, infraestructura y energía, s.f.)*

Esta energía consiste en transformar la energía solar (calor producido) en energía térmica. Este tipo de energía se puede implementar en centrales eléctricas (temperaturas por encima de 500°C), instalaciones pequeñas o viviendas (temperaturas menores a 65°C) y para la utilización de

dispositivos que concentran la radiación solar (temperaturas entre 100°C y 300 °C) (Planas, O. 2011).

Como se mencionó anteriormente en este laboratorio se realizará un secador solar el cual se muestra un prototipo realizado a computador en la siguiente imagen.

Todas las unidades están estimadas en cm



Secador de Frutas y hortalizas

Fuente: Autor.

METODOLOGÍA

1. Ingreso de los estudiantes a la práctica (Cada uno debe tener sus elementos de bioseguridad: Guantes y Bata).
2. Aclaración de las posibles dudas que tengan los estudiantes.
3. Explicación del procedimiento de la práctica por parte del docente.
4. Entrega del material de laboratorio.
5. Desarrollo de la práctica.
6. conclusiones.

7. Entrega y revisión del material de Laboratorio.

8. Entrega de informe de Laboratorio

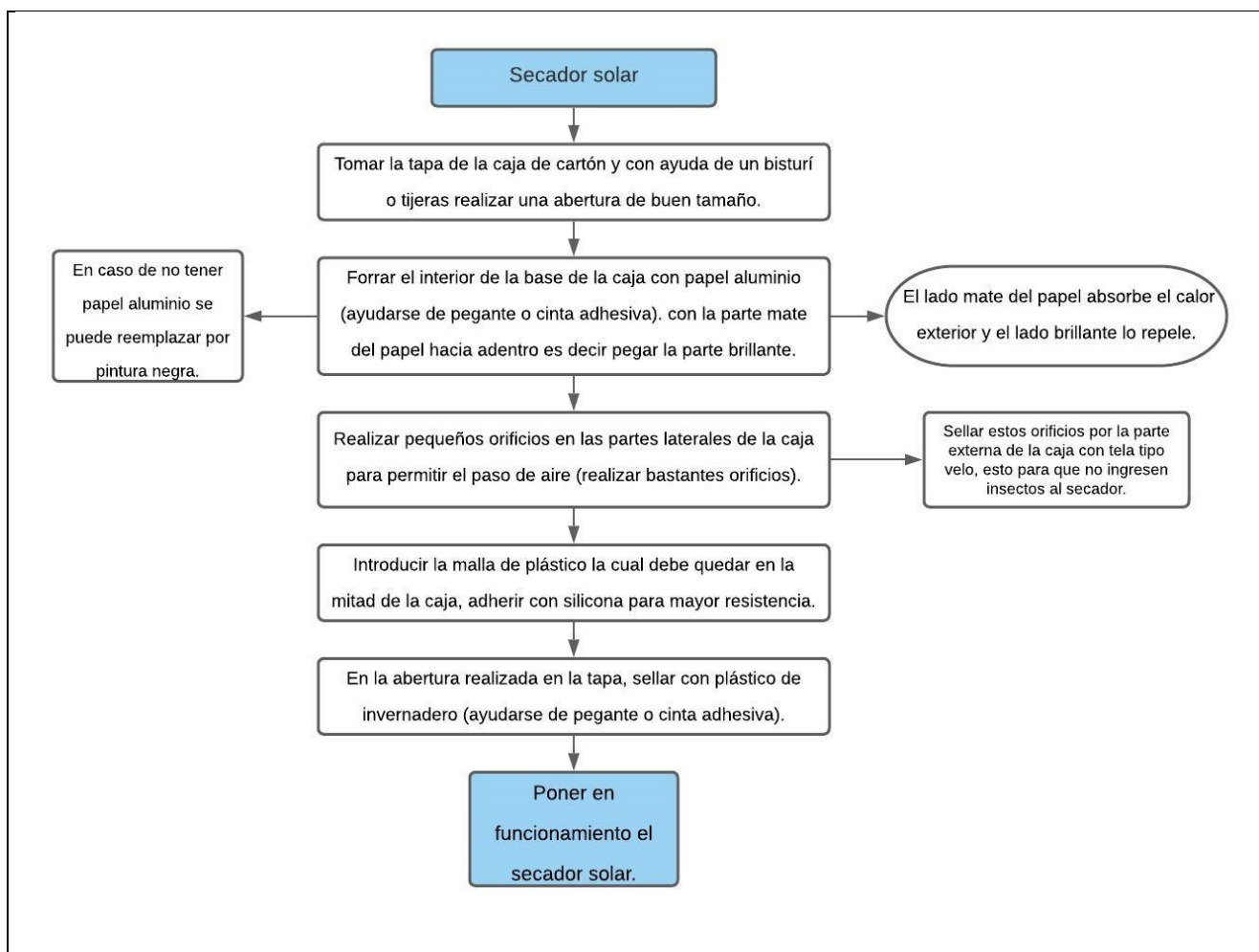
MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

CANTIDAD	MATERIALES
1 unidad	Caja de cartón con tapa (30cm X 11 cm)
5 metros	Papel aluminio
245g	Pegante para papel (Colbón)
1 rollo	Cinta adhesiva
1 unidad	Bisturí o tijeras
1 unidad	Pistola de silicona
2 metros	Plástico de invernadero 6mm (Polietileno de baja densidad PEBD)
2 metros	Malla de plástico (Polietileno de alta densidad PEAD)
500 ml	Pintura negra
3 metros	Tela tipo velo

PRECAUCIONES Y MANEJO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

- Usar elementos de protección bata y guantes como requisitos mínimos de seguridad al ingresar al laboratorio.
- NUNCA corra o juegue en el Laboratorio, puede ocasionar un accidente.
- Dejar el lugar de trabajo limpio, seco y organizado.

PROCEDIMIENTO



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Concari, S., Plano, M. y Saez de Aregui, G. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de enseñanza de la Física*, 27(extra), 593-599. Recuperado de www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. (s.f.). *Ahorras voz, gana el planeta*. Fascículos coleccionables n° 2. Gobierno de Mendoza, Argentina. Recuperado de <https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/14/2017/02/Fasciculo-Nro2-Energia.pdf>

Planas, O. (2011). *Energía solar térmica*. Energía solar. Recuperado de <https://solar->

energia.net/energia-solar-termica

Fecha:

Fuente: Autor.

15.4 Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 4: Conversión de energía eólica a energía eléctrica

Tabla 10 Guía de laboratorio conversor de energía eólica a energía eléctrica

CONVERSOR DE ENERGÍA EÓLICA A ENERGÍA ELÉCTRICA	PRÁCTICA No. 04
TEMA DE LA PRÁCTICA: Energía eólica.	
LABORATORIO A UTILIZAR: Laboratorio de Energías Alternativas.	
CONTENIDO DE LA GUÍA	
OBJETIVOS <ul style="list-style-type: none">• Identificar la generación de energía eólica y sus formas de aprovechamiento.• Analizar el impacto generado de las energías alternativas en la actualidad.• Detallar la importancia de esta energía en el desarrollo sostenible y sustentable.• analizar la prueba del conversor eólico - eléctrico para el estudio de la energía eólica.	

INTRODUCCIÓN

Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

En este Laboratorio se trabajará un ensayo netamente demostrativo donde se evidenciará como se hace la conversión de energía eólica a energía eléctrica mediante diferentes materiales, interpretando la generación energética producida por la fuerza del viento.

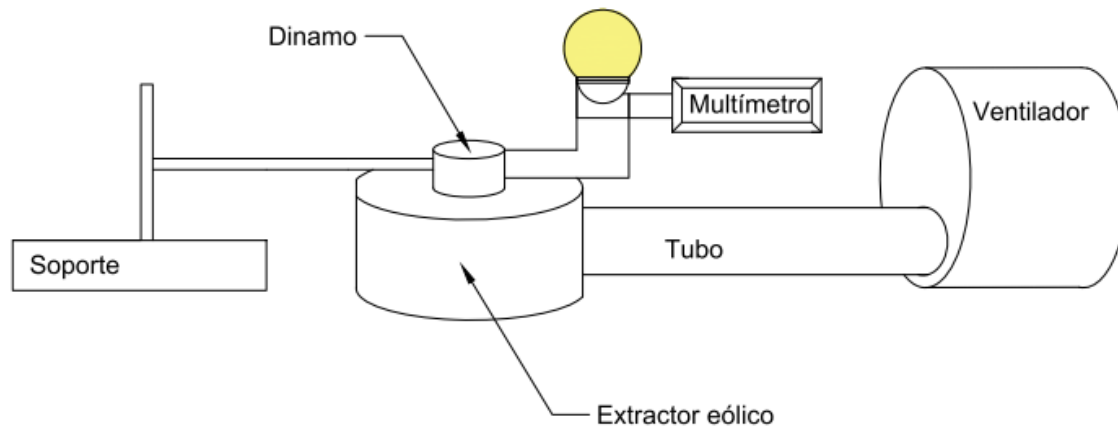
MARCO TEÓRICO

Al hablar de energía eólica se relaciona con el uso del viento para generar energía, en este proceso por medio de aerogeneradores se transforma la energía cinética que produce la fuerza del viento en energía eléctrica. Esta energía es bastante rentable con unas condiciones determinadas como la velocidad del viento, la continuidad con la que sopla el viento entre otras (*Moreno, 2013.*).

Estas características son indispensables ya que de esto depende la generación de energía en vatios /m² y determinar si es rentable o no. Esta puede ser utilizada a gran escala en los llamados parques eólicos como se muestran en la figura 4; que generan energía para las redes de distribución energética o a pequeña escala en puntos específicos o aislados; para estos puntos existen plantas de almacenamiento con baterías en caso de no estar generando energía en algún determinado momento

aunque son de costos muy elevados y generan poca potencia o durante muy poco tiempo. (Marín, 2004.).

Las ventajas de este tipo de energía son sus bajos costos de implementación, permite el auto alimentación de viviendas, es de fácil adaptación, no contamina, es inagotable entre otras. Aunque es una energía con muchas ventajas también tiene desventajas como el impacto medioambiental generado por los aerogeneradores, el espacio que estos parques eólicos utilizan es muy grande y al no ser una energía que se pueda almacenar, el viento es un factor indispensable para su generación tanto en exceso como en ausencia de él (Moreno, 2013.)(Marín, 2004.).



Prototipo de conversor de energía eólica a energía eléctrica

Fuente: Autor.

METODOLOGÍA

1. Ingreso de los estudiantes a la práctica (Cada uno debe tener sus elementos de bioseguridad: Guantes y Bata).
2. Aclaración de las posibles dudas que tengan los estudiantes.
3. Explicación del procedimiento de la práctica por parte del docente.
4. Entrega del material de laboratorio.
5. Desarrollo de la práctica.

- 6. conclusiones.
- 7. Entrega y revisión del material de Laboratorio.
- 8. Entrega de informe de Laboratorio

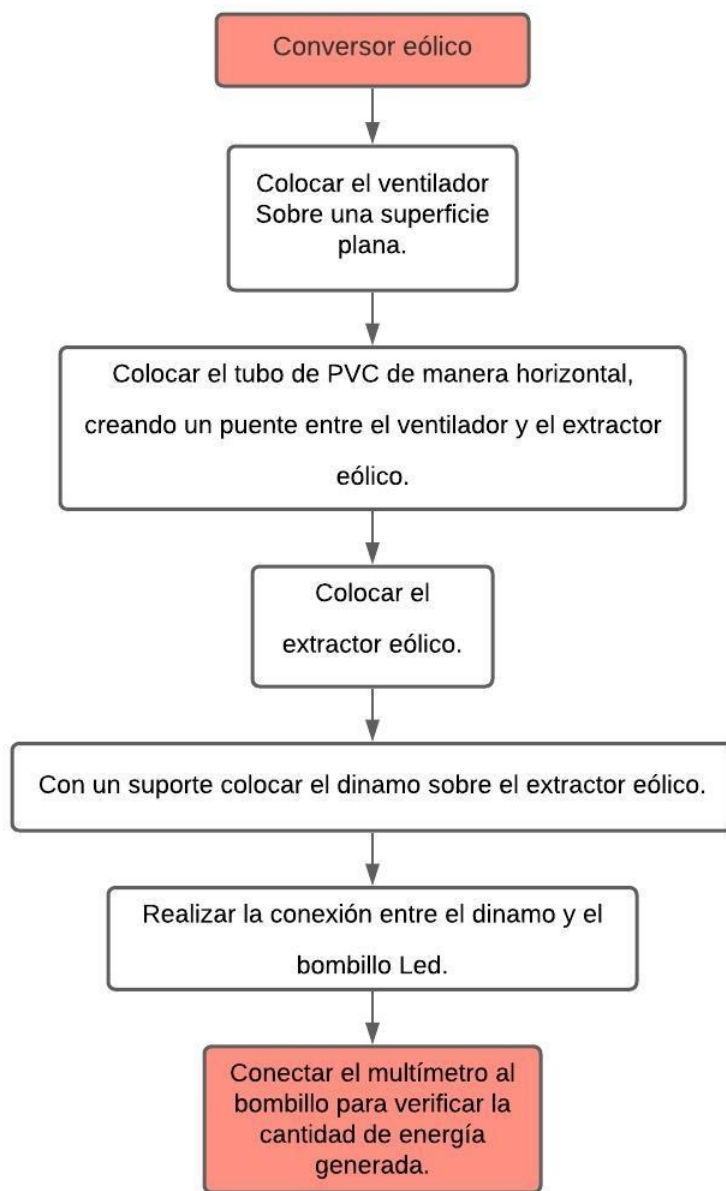
MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

CANTIDAD	MATERIALES
1 unidad	Ventilador de mesa de 20- 40 cm de diámetro y 110 V
20 cm	Tubo de PVC de 8 pulgadas
1 unidad	Extractor eólico de 15 pulgadas
1 unidad	Dinamo
1 unidad	Multímetro
1 unidad	Soporte para dinamo
1 unidad	Bombillo LED 3V

PRECAUCIONES Y MANEJO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

- Usar elementos de protección bata y guantes como requisitos mínimos de seguridad al ingresar al laboratorio.
- NUNCA corra o juegue en el Laboratorio, puede ocasionar un accidente.
- Dejar el lugar de trabajo limpio, seco y organizado.

PROCEDIMIENTO



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Marín, C. (2004). La energía eólica en España. *Investigaciones Geográficas*. (35), 45-65. Recuperado de <http://www.cervantesvirtual.com/research/la-energa-elica-en-espaa-0/0081acd4-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf>

Moreno, P. (2013). *Energía eólica: ventajas y desventajas de su utilización en Colombia* (Tesis de

especialización). https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10602/Monograf%C3%ADa.pdf?sequence=1	Recuperado 	de
Fecha:		

Fuente: Autor.

15.5 Prototipo de guía de trabajo para laboratorio 5: Mini-Hidroeléctrica

Tabla 11 Guía de laboratorio mini- hidroeléctrica

MINI - HIDROELÉCTRICA	PRÁCTICA No. 01
TEMA DE LA PRÁCTICA: Energía Hidráulica	
LABORATORIO A UTILIZAR: Laboratorio de Energías Alternativas.	
CONTENIDO DE LA GUÍA	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el manejo de la energía hidráulica y sus formas de aprovechamiento. • Analizar el impacto generado de las energías alternativas en la actualidad. • Detallar la importancia de esta energía en el desarrollo sostenible y sustentable. • Desarrollar la prueba de la Mini – Hidroeléctrica para el estudio de la energía hidráulica y su forma de generación. 	

INTRODUCCIÓN

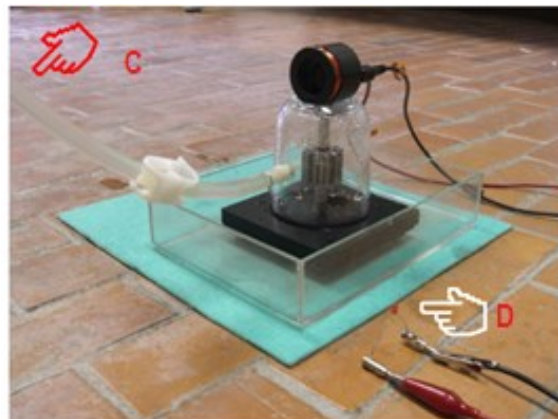
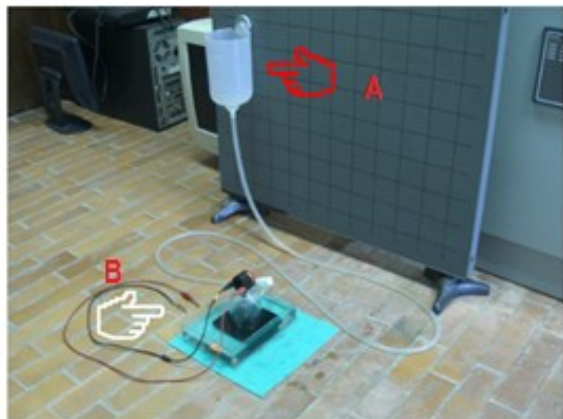
Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

En este caso veremos el funcionamiento de la energía hidráulica mediante una mini- hidroeléctrica con el fin de interpretar la generación energética producida por la fuerza y el movimiento del agua.

MARCO TEÓRICO

Cuando se habla de energía hidráulica, se establece una relación en la energía que proporciona la fuerza del movimiento del agua mediante turbinas; siendo este tipo de energía una de las más rentables ya que aunque sus costos de producción inicial son elevados, los costos de mantenimiento son muy bajos y la relación costo – beneficio es favorable ya que En Colombia, “la fuente hidroeléctrica representa el 65 % de la energía eléctrica que se genera” (Arango, J. et al. 2016, p.1). Además de esto representa el 7% de consumo energético a nivel mundial. En la figura 6 se puede observar una hidroeléctrica, la cual es la forma más propicia y conocida para la obtención de esta energía (Foro de la industria nuclear española, s.f.).

Como se mencionó anteriormente en este laboratorio se realizará un secador solar el cual se muestra un prototipo realizado en la Universidad de Los Andes, Bogotá, mediante la siguiente imagen.



Montaje de una Mini Hidroeléctrica.

Fuente: Universidad de Los Andes Colombia, (s.f).

METODOLOGÍA

1. Ingreso de los estudiantes a la práctica (Cada uno debe tener sus elementos de bioseguridad: Guantes, Tapabocas y Bata).
2. Aclaración de las posibles dudas que tengan los estudiantes.
3. Explicación del procedimiento de la práctica por parte del docente.
4. Entrega del material de laboratorio.
5. Desarrollo de la práctica.
6. conclusiones.
7. Entrega y revisión del material de Laboratorio.
8. Entrega de informe de Laboratorio

MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

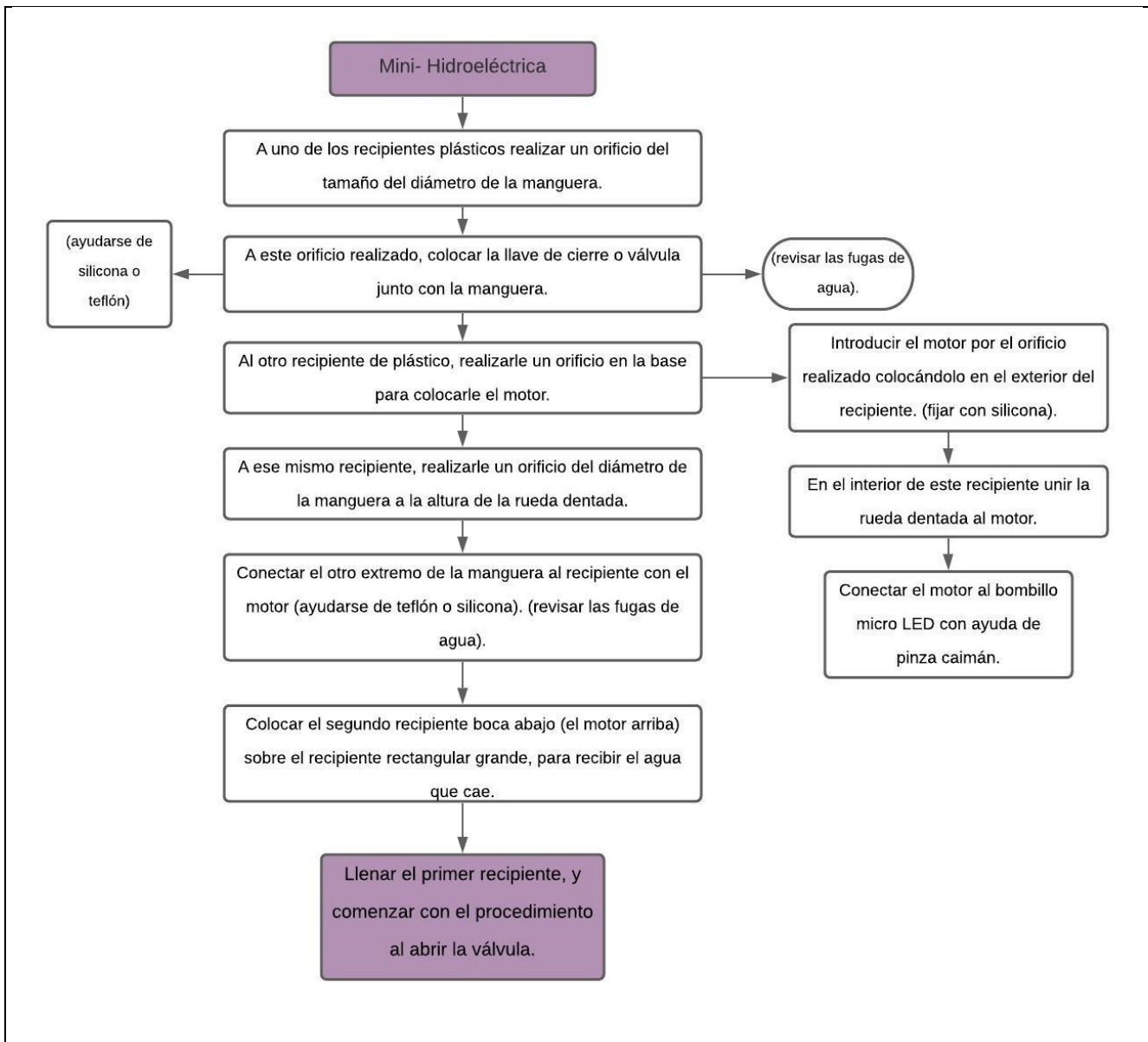
CANTIDAD	MATERIALES
1 unidad	Pistola de silicona
1 par	Pinza caimán Rojo- Negro

1 unidad	Taladro
1 rollo	Teflón
1 unidad	Bombillo micro LED
1 unidad	Motor eléctrico 12V – 24V
1 unidad	Rueda dentada para conexión a motor
1 unidad	Válvula o llave de cierre para manguera de ½ pulgada
2 metros	Manguera de ½ pulgada
2 unidades	Recipiente de plástico para almacenamiento de agua de 1 L
1 unidad	Recipiente rectangular grande

PRECAUCIONES Y MANEJO DE MATERIALES Y EQUIPOS.

- Usar elementos de protección bata, tapabocas, guantes como requisitos mínimos de seguridad al ingresar al laboratorio.
- NUNCA corra o juegue en el Laboratorio, puede ocasionar un accidente.
- Dejar el lugar de trabajo limpio, seco y organizado.

PROCEDIMIENTO



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Foro de la Industria Nuclear Española. (s.f). *Qué es la energía hidráulica y cómo se aprovecha?*. Madrid, Esp. Foro de la Industria Nuclear Española. Recuperado de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-energia-hidraulica-y-como-se-aprovecha/>

Fecha:

Fuente: Autor.

15.6 Artículo

Propuesta de diseño de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad Antonio Nariño.

Luzdeima Pérez. Zayra Monsalve

Universidad Antonio Nariño

Recibido Nov 2020

Resumen Las energías alternativas, han adquirido gran importancia a lo largo del siglo XXI debido a la necesidad del hombre en satisfacer sus necesidades sin alterar el equilibrio ecosistémico, con la quema de combustibles fósiles y el aumento de la temperatura atmosférica por el aumento de los gases GEI. Es por esto que el estudio a profundidad de los profesionales en las ramas de la Ingeniería Ambiental sobre las diferentes fuentes de energía es de vital importancia. El objetivo de esta investigación, es proponer la implementación de un laboratorio de energías alternativas en la Universidad Antonio Nariño en la sede de Bogotá. La metodología aplicada en este proyecto es netamente teórico-investigativa ya que como su objetivo lo dice es una propuesta para implementar en un futuro. Con relación a los resultados obtenidos se presentan diferentes ensayos de laboratorio empleando en su mayoría materiales reutilizables y demostrando la funcionalidad de cada energía renovable.

Palabras clave: Energías Alternativas, Desarrollo Sostenible, Energía Solar.

Abstract Alternative energies have acquired great importance throughout the 21st century due to man's need to satisfy his needs without altering the ecosystem balance, with the burning of fossil fuels and the increase in atmospheric temperature due to the increase in GEI gases. This is why the in-depth study of professionals in the branches of Environmental Engineering on the different sources of energy is of vital importance. The objective of this research is to propose the implementation of an alternative energy laboratory at the Antonio Nariño University at the Bogotá headquarters. The methodology applied in this project is purely theoretical-investigative since, as its objective says, it is a proposal to implement in the future. In relation to the results

obtained, different laboratory tests are presented, using mostly reusable materials and demonstrating the functionality of each renewable energy.

Keywords: alternative energies, solar energy, sustainable development.

Introducción

Con el pasar del tiempo ha sido de suma importancia buscar otros tipos de energías diferentes a las derivadas de los combustibles fósiles, debido a que estas son gran fuente de contaminantes y gases (GEI) provocando un efecto negativo tanto en la atmósfera como en el equilibrio ecosistémico. Es por esto que las energías limpias o energías alternativas tienen como principio el reemplazo de energías contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente y el ser vivo, teniendo como fuente de energía recursos renovables e inagotables, buscando así un desarrollo sostenible y sustentable.

Adicionalmente, en el proceso de formación y estudios de las ciencias ambientales la parte experimental es de gran trascendencia ya que, en estos espacios de aprendizaje práctico es posible complementar la parte teórica de esas enseñanzas y así afianzar todos aquellos conocimientos adquiridos y poder indagar en nuevas tecnologías de dichas energías.

Metodología

Fase 1: Diagnóstico inicial (información de laboratorios afines).

En esta fase de la metodología se consultó sobre laboratorios de energías limpias funcionales en otras universidades, donde se tomó información de las bases de datos Scopus y Science Direct; Adicionalmente se indagó en las páginas de las diferentes Universidades a nivel nacional. Además se describieron las diferentes pruebas de laboratorio a implementar seleccionadas basados en las experiencias, en materiales y enseñanzas de otras universidades Nacionales e Internacionales.

Fase 2: Identificación de requisitos para su adecuada implementación.

En la segunda fase se investigaron los requisitos mínimos, materiales, espacio y requerimientos para la ejecución de este laboratorio, teniendo en cuenta la consulta realizada y a partir de esto se realizó una lista de chequeo para los materiales y pruebas necesarias

Fase 3: Propuesta de implementación del laboratorio de energías alternativas.

En la tercera y última fase, se realizaron planos del laboratorio con dimensiones y su respectiva ubicación en la planta Universitaria. Se realizó la estructuración y ubicación de las pruebas de laboratorio seleccionadas dentro del espacio de trabajo y se presentó un manual de procedimientos en forma de guía de trabajo para cada una de las pruebas (pasos, medidas, entre otros), materiales a utilizar teniendo en cuenta que muchos de estos son reutilizables.

Resultados y análisis.

Los laboratorios funcionales Nacionales e Internacionales consultados son: Universidad Nacional de Colombia Sede – Medellín, Universidad Autónoma de Manizales, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad Simón Bolívar – Venezuela, Universidad Nacional de Salta –Argentina, Universidad De Cuenca- Ecuador, Universidad Nacional De Costa Rica, Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú, Universidad de Guadalajara – México, Universidad Nacional Autónoma de México; describiendo las ramas de trabajo realizadas allí actualmente. Adicional a esto se

analizaron y describieron las pruebas de laboratorio escogidas para ser estudiadas teniendo en cuenta la oferta de recursos naturales en Colombia y el espacio de estudio donde se realizarán.

Posteriormente, se explicaron los ensayos y pruebas de laboratorios escogidas para cada tipo de energía renovable a estudiar. Estos ensayos fueron escogidos de acuerdo a la consulta realizada a otros centros de investigación de energías alternativas situadas en otras universidades nacionales e internacionales mencionadas anteriormente. Para la energía solar fotovoltaica y térmica se seleccionaron tres pruebas de laboratorio implementadas por diferentes autores y en diferentes centros de educación superior.

Energía Solar

El objetivo de esta es el aprovechamiento de la energías térmica solar con la construcción de un calentador de agua, una cocina y un secador de frutas y hortalizas todos estos con materiales de bajo costo y analizar su funcionamiento.



Ilustración 1 Cocina solar

Fuente: Autor.



Ilustración 2 Calentador solar

Fuente: Autor.

Energía eólica

Para la energía eólica se seleccionó una prueba de laboratorio donde se muestra el cambio de energía eólica a eléctrica; a continuación se explicará la prueba con sus medidas, materiales y su proceso de construcción.

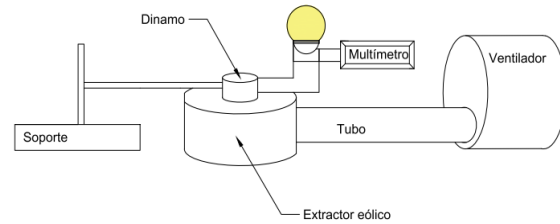


Ilustración 3 Conversor eólico

Fuente: Autor.

Energía biomasa y biogás

Para la energía Biomasa y Biogás se seleccionó un Biodigestor, el cual aprovecha los desechos y materia orgánica residual y uno de los exponentes en la transformación de esta energía; este ensayo ya está implementado en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental en la sede de Bogotá.

Energía Hidráulica

Para la energía Hidráulica se seleccionó una prueba de laboratorio, tal vez la más conocida en la transformación de esta energía; una mini-hidroeléctrica esta prueba y su proceso de construcción y estudio se tuvieron en cuenta los parámetros ya establecidos en la Universidad de Los Andes.

Adicionalmente se presentaron datos relevantes como las medidas de las pruebas de laboratorio, los materiales, las cantidades para cada una y los materiales

indispensables para un buen funcionamiento y desarrollo del mismo. Se mencionaron datos como el tamaño del salón y la ubicación de las pruebas en él, asimismo se mencionó el paso a paso de cada prueba de laboratorio seleccionada y la realización de guías de trabajo para el óptimo desarrollo y el aprendizaje de los estudiantes.



Ilustración 4: Adecuación de los ensayos de Laboratorio

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta propuesta de diseño para un Laboratorio de energías alternativas, las universidades con laboratorios funcionales, las distintas energías alternativas existentes, los diversos ensayos que se pueden realizar para su enseñanza y las guías de trabajo elaboradas y presentadas en los anexos se entiende que es una propuesta extensa, la cual no se puede abarcar en una sola investigación y propuesta, donde en futuras

investigaciones relacionadas a este laboratorio se pueden indagar nuevas fuentes de energía para el estudio según su factibilidad, buscar materiales de uso biodegradable e incluso generar estos ensayos de laboratorio a tamaño real e implementarlos en estructuras industriales y residenciales con materiales resistentes y biodegradables teniendo siempre presente el desarrollo sostenible y sustentable del planeta.

A pesar de ser una propuesta extensa, es buena y conveniente no solo para la Universidad Antonio Nariño si no para otros centros de educación superior que deseen implementar este tipo de laboratorios en su plantel educativo, dado que esta propuesta tiene unos planos genéricos que son aplicables a cualquier planta estructural, y el propósito de las guías de trabajo hacen más factible y fácil el desarrollo y la enseñanza por parte de los docentes y estudiantes en esta rama de la Ingeniería Ambiental.

Aunque, el Laboratorio de energías alternativas está planteado exclusivamente para el uso y la enseñanza de estudiantes de Ingeniería Ambiental, cabe la posibilidad de que esté disponible para las carreras afines a las energías debido a que sería de gran ayuda para su aprendizaje y por qué no

complementar los conocimientos de ambas carreras en búsqueda de la optimización de dichas energías limpias. Asimismo se propone la creación de un semillero de investigación en energías alternativas ya que es de gran importancia el estudio de estas, tratando de sustituir las energías a base de combustibles fósiles, buscando siempre el equilibrio entre la economía, el ambiente y el hombre.

Con base en la consulta realizada durante el desarrollo de este proyecto se pudo conocer la elaboración de laboratorios remotos en diferentes centros educativos a nivel mundial. Así como lo plantea (Al-Zoubi et al. 2020), que tuvieron el objetivo de describir nuevos cursos de energías renovables, con el fin de modernizar el plan de estudios de las diferentes universidades en Jordania en todas las carreras afines y sacar el máximo provecho a la tecnología, teniendo resultados de aprendizaje similares a los obtenidos en los cursos presenciales.

Este método de enseñanza remoto, se podría implementar en la Universidad Antonio ya que es de gran importancia y ayuda para aquellos que desean obtener conocimientos del tema de las energías limpias, pero no les es posible acceder a la educación presencial.

Conclusiones

Durante el desarrollo de se propuso el diseño de un Laboratorio de energías alternativas para la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, analizando las diferentes formas de obtención de energías y las más adecuadas para el estudio universitario teniendo en cuenta la infraestructura, el tiempo y la complejidad de cada ensayo; investigando los diferentes tipos de energías alternativas y su viabilidad para este Laboratorio y los distintos centros educativos nacionales e internacionales que cuentan con este tipo de laboratorios de enseñanza.

Al seleccionar las pruebas de laboratorio para implementar en la Universidad Antonio Nariño sede Bogotá, se tuvo presente el estudio de esta rama de la ingeniería en otros centros de educación superior a nivel nacional y latinoamericano mediante consultas en bases de datos, páginas web de las diferentes Universidades.

Para la adecuación del Laboratorio y de los ensayos correspondientes, se tuvo en cuenta diferentes materiales los cuales en este caso pueden ser reutilizables como botellas plásticas o cajas de cartón, reciclables al momento de desecharlos como los

recipientes plásticos de PP 5, las cajas de cartón, las botellas PET entre otros y de bajo costo para su adquisición como los el papel aluminio, el plástico vinipel, la cartulina entre otros, estos son de gran utilidad para la enseñanza de las energías alternativas.

Referencias

- Al-Zoubi, A., Hammad, B., Ros, S., Tobarra, L., Hernandez, R., Pastor, R., & Castro, M. (2015). Remote laboratories for renewable energy courses at Jordan universities. Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-February(February), 1–4. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044175>
- Al-Zoubi, A. Castro, M. & Hammad, B (2020). Harnessing technology in collaborative renewable energy education. International Journal of Ambient Energy, 41(10), 1118-1125. doi:10.1080/01430750.2018.1501751
- Arizmendi, I. (2018). La habitabilidad de los espacios educativos de nivel básico en el estado de Guerrero. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Guerrero, México. Recuperado de <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/496>
- Concari, S., Plano, M. y Saez de Aregui, G. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. Revista de enseñanza de la Física, 27(extra), 593-599. Recuperado de www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
- Durán-García, M. E., & Durán-Aponte, E. E. (2016). Laboratorio de enseñanza de energías limpias: el caso de la Universidad Simón Bolívar y su impacto en la comunidad Camurí Grande – Anare (Venezuela). Respuestas, 21(1), 16. <https://doi.org/10.22463/0122820x.631>
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2010). Laboratorio de energía. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Recuperado de <https://www.escuelaing.edu.co/es/laboratorios/54>
- Kausik, S.C., Kotari, S. y Panwar, N.L. (2012). State of the art of solar cooking: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (2012), 3776–3785. Doi:10.1016/j.rser.2012.03.026
- Mora, C. (2018). Estudio del comportamiento y acidificación de tres biorreactores anaerobios con diferentes tipos de inoculación y matrices de soporte, alimentados con agua residual industrial sintética. (Tesis de pregrado).

- Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia.
- Ovejero, A. (2007). Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico. *ASADES*, 11, 39–46.
- Universidad Autónoma de Manizales. (2019). La UAM inaugura su Laboratorio de Energías Renovables. Recuperado de <https://www.autonoma.edu.co/noticias/la-uam-inaugura-su-laboratorio-de-energias-renovables>
- Universidad de Guadalajara. (1997-2020). Laboratorio de Energías Renovables. Investigación en Maestrías y Doctorados. Jalisco, México. Recuperado de http://www.cutonala.udg.mx/coordinacion_investigacion/unidades-de-investigacion/laboratorios/lab-energias
- Universidad de los Andes. (2008). Experimentos demostrativos, Hidroeléctrica. Bogotá, Col. Departamento de Física. Recuperado de <https://fisicaexpdemostrativos.uniandes.edu.co/Hidroelectrica.html>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (s.f). GIEAU Grupo de Investigación en Energías Alternativas. Unidad de investigaciones facultad tecnológica. Recuperado de <http://www1.udistrital.edu.co:8080/web/unidad-de-investigaciones-de-la-facultad-tecnologica/gieaud1>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2016). Laboratorio de Energías Renovables. Curso de Energías Renovables. La Molina, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/ler/>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f). Fuentes renovables de energía. IER Instituto de Energías Renovables. Recuperado de <https://www.ier.unam.mx/investigacion/#lineas>
- Universidad Nacional de Colombia. (2017). Laboratorio de ciencias de la energía. Facultad de minas. Recuperado de <http://direcciondelaboratorios.medellin.unal.edu.co/index.php/nuestros-laboratorios/facultad-de-minas/99>
- Universidad Nacional de Costa Rica. (2012). Laboratorio de Energía Solar. Departamento de Física. Recuperado de http://www.campus.una.ac.cr/ediciones/2012/marzo/2012marzo_pag18a.html