

# Energías Renovables Globales y Redes de Conocimiento

## CONGRESO INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES -CIERG

I EDICIÓN

MEMORIAS



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



[www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co)  
SOMOS TÉCNICAMENTE MEJORES



siguenos en nuestras redes

# Congreso Internacional De Energías Renovables CIERG - III Versión

## ***“Energías Renovables Globales y Redes de Conocimiento”***



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

I Edición  
**MEMORIAS**

1 al 3 de Noviembre de 2017  
Riohacha - Guajira, Colombia

Congreso Internacional De Energías Renovables  
**CIERG**

## **Cuerpo Directivo**

**José Antonio Lizarazo Sarmiento**

Director Nacional (E)

**Emilio Eliecer Navia Zúñiga**

Coordinador Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica

**Linda de Jesús Tromp Villareal**

Directora Regional

**Carlos Eduardo Robles Palomino**

Subdirector Centro Industrial y de Energías Alternativas

**Marieth Orcasitas Peñaloza**

Coordinadora General del Congreso

## **Comité Científico**

PhD. Jesús Enrique García Guiliany

PhD. Pedro Emilio Hernández Malpica

PhD. Margel Alejandra Parra Fernández

PhD. Ronald Antonio Prieto Pulido

PhD. Esmerlis Camargo Torres

Esp. Delfy de Jesús Arroyo Alvarez

Esp. Elquin Mejía Suárez

Ing. Tomas González Peralta

## **Compiladores:**

Esmerlis Camargo Torres

Elkin Fuentes Jiménez

## **Diseño y Diagramación:**

Juliana Sánchez Melo

Wilder Urbaez Gonzalez

**ISSN 2590-5481**

© Centro Industrial y de Energías Alternativas

Sena Regional Guajira

Calle 21 Carrera 15 Avenida Aeropuerto, Piso 2

Riohacha, Colombia.

Tel.: 095-7283010 IP 53551

Email: cieagguajira@gmail.com

<http://www.cierg.com.co/>

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Presentación .....	4
<b>Eje temático: Innovación y desarrollo tecnológico en energías renovables</b>	
1. <b>Prototipo de vehículo ecológico con aplicaciones orgánicas tipo buggy</b> Leidy Johanna Díaz Atuesta, Sandra María Rozo Gelvez, Jesús Antonio Villamizar Loaiza, Wilmer Guevara .....	7
2. <b>Solución habitacional mediante el uso de la tierra y las gramíneas como materiales constructivos</b> Oswaldo Hurtado Figueroa, Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez .....	23
3. <b>Obtención de subproductos industriales a partir de residuos de naranja (<i>Citrus sinensis</i>) variedad valencia.</b> Ives Vallecía Gravina, Benjamín Fernández Montenegro, Marco Tulio Rico Herrera Angie Castaño Quintero .....	43
4. <b>Aplicación de Mapas Tecnológicos para el apoyo en la selección de tecnologías de energías renovables</b> Renzo de Jesús Barrios Pájaro, Raúl José Martelo Gómez, David Franco Borre .....	49
5. <b>Caracterización de simuladores para medir la potencia en recursos eólicos</b> Raúl José Martelo Gómez, Heybertt Moreno Díaz, Natividad Villabona Gómez .....	60
6. <b>Rediseño de máquina para lavado vehicular industrial autosostenible alimentada por energía solar fotovoltaica</b> Melissa A. Plazas Morales, Nicolás Serrano Polanco, Orlando Morales Andrade .....	72
7. <b>Equipo portátil de Fabricación de hielo mediante el uso de Energía Solar Fotovoltaica</b> John Jairo Morales Quiñones, Yuddy Johanna Silva Chacón, Samuel Francisco Forero Ospino .....	84
8. <b>Diseño y validación de aerogenerador de eje vertical para generación de energía limpia</b> Rafael Guillermo Arzuaga Mejía, Alexander Fuenmayor Mejía, Ángel Polo Córdoba .....	99
<b>Eje temático: Políticas públicas y seguridad energética para el desarrollo sostenible</b>	
9. <b>Plan de tecnología e innovación para el desarrollo de políticas ecoamigables en empresas de barranquilla</b> Paulo Carrillo López, Jonathan Quant Colpas .....	114
10. <b>Determinación de la potencia eléctrica generada por biomasa a través de mapas tecnológicos</b> David Franco Borre, Raúl José Martelo Gómez, Luis Carlos Tovar Garrido .....	130
11. <b>Producción de bioetanol por fermentación alcohólica de pulpa de cardón guajiro (<i>Stenocereus giceus</i>).</b> Lissette Vizcaíno Mendoza, Marbelis Brito Redondo, Eggleth Parodi Bolívar .....	141
<b>Eje temático: Energías renovables para la sostenibilidad ambiental</b>	
12. <b>Evaluación de briquetas elaboradas con raquis residual como alternativa energética al uso de la leña</b> Enaidys Acosta Hernández, Jorge Dudley Noriega Chedraui, Marlon Bastidas-Barranco .....	155
13. <b>Sistema para el uso y reuso de agua subterránea de la comuna 7 de Cúcuta</b> Sandra María Rozo Gelvez, Jesús Antonio Villamizar Loaiza, Gerson David Cordero Estévez, Jonathan Gabriel Silva Jurgensen .....	172
14. <b>Sistema integrado de tratamiento adecuado a los residuos sólidos recuperables para la ciudad de Cúcuta.</b> Jonathan Gabriel Silva Jurgensen .....	183
15. <b>Estimación de huella hídrica en el proceso de mampostería de una obra del valle de aburra.</b> Alexander Toro Heiler Yesid Perea Caicedo, Luis Ariel Trejos Melchor, Jennifer Triana Mejía .....	194
16. <b>Estudio del potencial energético renovable en el centro internacional de producción limpia Lope por medio de la caracterización de parámetros climáticos utilizando estaciones meteorológicas.</b> David Martínez, Gustavo Gallego, Sergio Armando Cano Rodríguez, Darío Javier Vallejos Benavides .....	208
17. <b>Impacto social y ambiental generado por la implementación de aerogeneradores.</b> Raúl José Martelo Gómez, Juan M. Jaramillo Beltrán, Renzo de Jesús Barrios Pájaro, Jesús Llerena Cabrera, Deimer Antonio Romero Madera .....	227
18. <b>Reconocimiento de flora en zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca quebrada cune del municipio de Villeta, departamento de Cundinamarca.</b> Lady Johanna Califa Montaña, Camilo A. Pérez Hincapié, Leonardo A. Torres Trujillo, Yudy Magaly Farfán Ríos .....	237
19. <b>Biodigestión anaerobia como alternativa energética para reducir el consumo de leña en las zonas rurales del municipio de Fonseca, La Guajira.</b> Carla Patricia Ariza, Luis Ángel Rueda Toncel, Jainer Sardoth Blanchar .....	258
20. <b>Implementación de un sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias para su aprovechamiento en el C.G.A.O.</b> Castro Niño Yohanna Cristina, Téllez Cubillos Victorugo, Tovar Wendy Daniela .....	270
21. <b>Valoración monetaria del beneficio ambiental generado por el páramo de santurbán en el municipio de San José de Cúcuta.</b> Jesús Antonio Villamizar Loaiza, Sandra María Rozo Gelvez, Jonathan Gabriel Silva Juguersén .....	280
22. <b>Implementación de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua, carga de celulares e iluminación, automatizado.</b> Elquin Mejía Suarez, Eliana Jiménez Córdoba, Esmerlis Camargo Torres .....	301
<b>Eje temático: Energías renovables para la equidad social</b>	
23. <b>Caracterización y aprovechamiento del potencial energético renovable de afluentes hídricos de ríos y quebradas del departamento de Nariño con el fin de suministrar energía a zonas no interconectadas ZNI.</b> David Martínez, Anthony Francisco Fierro Guerrero, Andrea Sthefany Gualguan Rosero, Tito Manuel Piampba Mamian, Gustavo Alejandro Galvis, Angela Isabel Morillo Rodríguez, Nicolas Stiven Rosero Potosí, Nancy Paola Alvarado Burgos, Yuri Rocío Díaz Pantoja, Juan Carlos Delgado Díaz .....	318
24. <b>Transformación de energía calorífica generada y desperdiciada por los aparatos eléctricos en energía eléctrica.</b> Mayerlí Gil, Daniel Cano, Laura García, Kelly González, Ana María Hurtado .....	333
25. <b>Prototipo de cafetería auto sostenible con energía solar para la Technoacademia de Neiva.</b> Karol Johana Zambrano Cruz, Diego Camilo Celada Lozada, Gelmun Estit Uribe Mejía .....	345
26. <b>Caracterización de proyectos de energía renovable en Colombia</b> Zamir Andrés Martelo Ballesteros, Raúl José Martelo Gómez, David Franco Borre .....	355
27. <b>Evaluación de potencial energético de la biomasa residual de palma africana en el departamento del Cesar</b> Quintero López Luis Alberto .....	365

## Presentación

La marcada interdependencia e interacción social, la visión energética y los esfuerzos para su realización, demanda de los actores públicos y privados, una constante concertación y confrontación de visiones para alcanzar mayor productividad y competitividad rural. Tal tendencia junto a la posición geográfica de La Guajira enfrenta grandes oportunidades en el mercado internacional. Sin embargo, la inserción internacional encara serios desafíos, dentro de ellos garantizar la oferta energética que demanda el tan necesario aumento de la producción de bienes y servicios y el abastecimiento de agua para mejorar la calidad de vida de su población.

La energización a partir de fuentes no convencionales en ZNI, como factor de competitividad, debe convertirse en un eje dinamizador del campo para impulsar agroindustrias y el abastecimiento de productos. El progreso, equidad social y las apuestas productivas, serán posibles con energización rural.

La pobreza extrema y desnutrición de la población evidencian como problema central la carencia de energía en el sector rural del departamento de la Guajira por los efectos para la población, en aspectos relevantes como acceso a la educación, salud, agua potable y seguridad alimentaria. El SENA Regional Guajira desde el Centro Industrial y de Energías Alternativas, consecuente con ello, ha venido adelantando 6 Foros de Energías Alternativas y desde el 2015, se logró el primer Congreso Internacional de Energías Renovables.

En esta ocasión el CIEA ofrecerá la III versión del Congreso Internacional de Energías Renovables, durante los días 1, 2 y 3 de noviembre de 2017, con el propósito de reunir a expertos en las líneas temáticas definidas, a la comunidad investigadora y académica para compartir experiencias, investigaciones, reflexiones, desarrollos e innovaciones tecnológicas; a fin de construir redes de conocimientos, propiciando contactos entre nacionales y extranjeros para fomentar el intercambio de conocimientos, desde diferentes contextos y disciplinas.

Este Congreso abordará una amplia temática de interés en diversas disciplinas alrededor de las energías renovables y su impacto en la competitividad del país, este escenario de discusión será entorno a los siguientes ejes temáticos del congreso: Políticas públicas y seguridad energética para el desarrollo sostenible; Energías renovables para la equidad social; Energías renovables para la sostenibilidad ambiental e Innovación y desarrollo tecnológico en energías renovables.



---

# EJE TEMÁTICO: INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ENERGÍAS RENOVABLES

---

MAIN THEME:  
INNOVATION AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN RENEWABLE ENERGIES



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES



Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# PROTOTIPO DE VEHÍCULO ECOLÓGICO CON APLICACIONES ORGÁNICAS TIPO BUGGY

PROTOTYPE OF ECOLOGICAL VEHICLE  
WITH ORGANIC APPLICATIONS  
SUCH AS BUGGY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **PROTOTIPO DE VEHÍCULO ECOLÓGICO CON APLICACIONES ORGÁNICAS TIPO BUGGY**

## **PROTOTYPE OF ECOLOGICAL VEHICLE WITH ORGANIC APPLICATIONS SUCH AS BUGGY**

Leidy Johanna Díaz Atuesta  
Sandra Maria Rozo Gelvez  
Jesus Antonio Villamizar Loaiza  
Wilmer Guevara

Servicio Nacional de Aprendizaje Seccional Norte de Santander

### **RESUMEN**

Se ha construido un prototipo de vehículo ecológico tipo buggy que opera con una mezcla uniforme de etanol derivado de residuos de piña y gasolina corriente desarrollado con aplicaciones externas a partir de los cogollos de la misma fruta y que se encuentra fabricado de forma tubular que lo hace liviano en comparación con otros modelos similares, cuenta con dimensiones de 1,5 metros de ancho por 2.5 metros largo, con capacidad para tres personas y con un peso aproximado de 7,5 kg y opera con un motor liviano de cuatro tiempos y presenta una razón de operación de 60Km/h por un galón de gasohol (Mezcla derivada de la combinación de gasolina y etanol), lo que lo convierte en una alternativa sostenible y sustentable para los cuestionamientos de movilidad en ciudades densamente pobladas, se ha demostrado un funcionamiento completo a partir de la combinación 70-30 lo que de antemano es evidencia de una reducción del 30% en el consumo de combustibles fósiles, este aspecto continua siendo objeto de investigación y se espera continuar cambiando esta combinación hacia un mayor uso de combustible, se espera a partir del desarrollo del este modelo se pueda generar un contexto de desarrollo eco-turístico para la región en concordancia a la capacidad del móvil para penetrar en diferentes tipos de terrenos.

**Palabras clave:** Combustible - Etanol - Gasolina - Vehículo - Sostenibilidad

### **ABSTRACT**

A prototype ecological buggy type vehicle has been built that operates with a uniform blend of ethanol derived from pineapple waste and ordinary gasoline developed with external applications from the buds of the same fruit and which is made tubularly that does Lightweight in comparison with other similar models, has dimensions of 1.5 meters wide by 2.5 meters long, with capacity for three people and weighing approximately 7.5 kg and operates with a light four-stroke engine and features a Operating ratio of 60Km / h for a gallon of gasohol (Mixture derived from the combination of gasoline and ethanol), which



makes it a sustainable and sustainable alternative for the mobility questioning in densely populated cities, a complete functioning has been demonstrated from the 70-30 combination which is in advance evidence of a 30% reduction in the consumption of fossil fuels, this aspect continues if as a result of the development of this model, it is possible to generate an eco-tourism development context for the region in accordance with the mobile's ability to penetrate different types of land.

**Keywords:** Fuel - Ethanol - Gasoline - Vehicle - Sustainability

## INTRODUCCIÓN

La industria automovilística ha sido considerada como uno de los pilares del desarrollo económico en los países desarrollados, con la invención de los vehículos a motor la sociedad alcanzo un grado de crecimiento importante en materia de generación de empleo, manejos de espacios y distancias y desde luego estatus social. No obstante, para lograr la locomoción estos instrumentos de la ingeniería moderna requerían la creación de grandes cantidades de energía de orden generalmente fósil como carbón o derivados del petróleo como la gasolina los cuales son a su vez altamente degradantes del medio ambiente por las emisiones de CO<sub>2</sub> que como es comúnmente conocido como causante del fenómeno efecto invernadero que provoca el calentamiento global.

La elaboración de prototipos de combustión para vehículos de forma sostenible ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, ya que existe continuidad al momento de creación de estas alternativas tal es el caso del etanol, el cual es un elemento que puede ser empleado para lograr la combustión del motor con una menor generación de emisiones, además este se puede obtener de residuos orgánicos de algunos frutos como la piña, la uva, el banano e incluso cítricos como la naranja o el limón (Nogueria, 2014), lo que hace que el mercado se vea provisto de manera importante, de otra parte si se tiene en cuenta que gran parte de estos elementos son considerados como desecho, se hace evidente la necesidad y la viabilidad de crear nuevas alternativas en materia de elaboración de combustibles alternativos de nuevos ingredientes que garanticen el desarrollo sostenible.

Pero la relación entre la construcción de mecanismos de energía limpia y sostenibilidad no debe limitarse única y exclusivamente a los combustibles, sino también a las baterías que causan incluso más degradación que los mismos recursos fósiles es así como se han ahondado esfuerzos para la implementación de sistemas de generación a través de elementos de orden natural como los cítricos que cuentan con grandes propiedades electroquímicas que facilitan esta condición

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2016), el continente Americano consume anualmente en promedio cerca de 245.920 galones de combustibles fósiles en un solo día en lo relacionado a la locomoción de vehículos a motor , esto no incluye las actividades industriales; para el caso de Colombia en el año 2016 este consumo se ubicó alrededor de los 77.658 galones, esta cifra se incrementa en forma periódica a razón del incremento en la compra de vehículos que se observa en algunos países, este panorama hace prever que existe un importante potencial

en materia de demanda de combustibles y baterías biodegradables y de menor impacto ambiental.

Es así como la idea de la creación de sistemas de movilidad eléctricos han marcado los procesos de innovación de la industria automotriz, el estudio de este tipo de herramientas ha llevado a la cuestión básica acerca de la verdadera utilidad de este tipo de mecanismos y por supuesto si sus especificaciones cumplen a cabalidad los niveles de exigencia que atienden las opciones convencionales, lo cual es ante todo el principal reto de cualquier iniciativa de movilidad que busque aplicar estos preceptos.

La presente investigación propende por el diseño, desarrollo, implementación de un vehículo tipo buggy que opere con una mezcla equivalente de gasolina y etanol e incluye un prototipo de vehículo para tres personas, que emplea un motor de cuatro tiempos, en donde en primera medida se realiza la construcción de un diseño electrónico digital que permita observar la evolución del modelo una vez se ha comenzado su montaje, el cual además cuenta con un recubrimiento similar a la fibra de vidrio pero realizado a partir de un sintético derivado de los cogollos de la piña.

En la primera parte de este artículo se esbozan los aspectos generales relacionados con el empleo de energías de origen fósil de forma convencional, seguido de análisis teórico del papel de la innovación actual de los sistemas de movilidad sostenible en el contexto actual y el funcionamiento de los prototipos ya existentes, para enfocarse en el método y materiales empleados para la creación de un móvil tipo buggy a partir de la coacción de dos tipos de procesos de un lado la obtención de un sistema energético más ecológico y del otro el empleo de elementos biodegradables y considerados como desecho para los detalles externos, los resultados obtenidos con sus aplicaciones correspondientes, así como una conclusión general y el respectivo banco de referentes consultado.

## **I. Los Sistemas de Movilidad de Combustión Fósil**

Los combustibles fósiles se han convertido en el medio esencial para comunicarse entre individuos, culturas y generaciones. En teoría, el petróleo y sus derivados puede reunir todos los requisitos de un producto vital sin el cual el mundo simplemente no funcionaria, la mejor prueba de esto fue su encarecimiento a finales de los años setenta que provoco una serie de problemas económicos de diversa índole, pero también es una realidad que su uso intensivo ha generado graves daños para el ambiente: los intentos por implementar mecanismos de sustitución han sido liderados por los países desarrollados y constituyen el uso de alternativas de origen eólico, solar e incluso nuclear; pero es de forma reciente cuando se ha hecho mucho más énfasis en los sistemas de movilidad eléctricos o de energía solar, es así como es común en periodos recientes observar en las ferias internacionales de automovilismo la presentación de coches de funcionamiento no fósil (Jutglar Luís. Energía Solar. Energías Alternativas y Medio Ambiente. Ediciones CEAC. Barcelona. 2015).

No obstante este tipo de vehículos enfrentas dos disyuntivas especiales: son demasiado costosos o su rendimiento es inferior al de los vehículos convencionales, esta situación hace que exista la necesidad de continuar indagando acerca de la forma como se puede perfeccionar estos sistemas y es ahí en donde surge la necesidad de crear sistemas completos de movilidad, en los cuales exista de una parte la posibilidad de encontrar la posibilidad de recargar de energía de forma rápida el vehículo o en su defecto ser cambiado

hacia otro móvil y por otra la presencia de un mecanismo de desplazamiento altamente ecológico con componentes orgánicos, elaborados a partir de los residuos de un producto de consumo cotidiano la piña.

El ritmo al que han desarrollado las sociedades modernas ha constituido uno de los mayores efectos negativos sobre el medio ambiente del planeta, la expansión de las zonas urbanas hacia las zonas ecosistémicas son una realidad permanente, sin dejar de lado el aumento exponencial de la población lo que se traduce en una mayor demanda de alimentos, vivienda y trabajo, el crecimiento del número de automotores en el continente americano ha ido creciendo de manera en los últimos años muy a pesar de las medidas que incentiven el uso de mecanismos alternativos de transporte, la variable recursos minero – energéticos es considerada como una de las más amplias dentro del contexto económico, la demanda de combustibles ha estado aumentado considerablemente lo que se traduce en concluir que cerca del 60% de la contaminación proviene de esa fuente (WWF, ECOFYS, OMA, Informe de la energía renovable, Int 2015).

Se estima que el consumo promedio per-cápita de este producto a nivel latinoamericano se encuentra alrededor de los 1.5 Galones, distribuidos en aspectos como movilidad, industria y otros, esta cifra es elevada si se tiene que esta solo corresponde al promedio ponderado regional, para el caso de Colombia este rublo se encuentra por encima con cerca de 1.8 galones per-cápita, este indicador es mayor respecto al resto del continente permite evidenciar la necesidad de establecer nuevas alternativas en materia de movilidad incluyendo energías alternas y fuentes orgánicas de desecho (WWF, ECOFYS, OMA, Informe de la energía renovable, Int 2015).

Así entonces, dada la creciente demanda de combustibles, la explotación de recursos naturales no renovables se ha intensificado a medida que se ha ampliado la línea urbanística de las principales ciudades, se ha ampliado los límites demográficos y se ha creado una mayor necesidad de movilidad, lo que a su vez se retorna al evento convirtiéndose en un círculo vicioso de consumismo y creciente externalización de impactos ambientales (Amado & Amado, 2008), es así como se requiere la creación de nuevos mecanismos que garanticen el derecho de movimiento de las comunidades pero bajo el principio de la sostenibilidad con sistemas que empleen tipos de combustión de menor emisión toxica.

Aunque a nivel mundial ya se han iniciado líneas de comercialización de vehículos de combustión no fósil y que se impulsan mediante energía no contaminante o con menor grado de incidencia ambiental tal es el caso de los autos eléctricos que se han diseñado en algunos lugares de Europa y Estados Unidos, pero cuyo precio de adquisición en un país como Colombia es relativamente elevado aunque no se debe negar su innovación así como su versatilidad, a pesar de su aparente inaccesibilidad desde el punto de vista monetario es posible que se puedan abaratar con el paso del tiempo, sin embargo mientras este tipo de nuevos inventos se masifican, se debe continuar con realizando experimentación en el campo de los eco-combustibles (Szwarc, 2012), y en el proceso de complementar los de origen mineral hasta el punto de generar reemplazos completos.

La forma como se ha generado el modelo actual de combustión es bajo la misma premisa: la quema excesiva de minerales provenientes de eras geológicas pasadas de especies de flora y fauna que a medida que se fueron extinguiendo dejaron sus rastros en vetas de carbón y otros elementos en lo profundo de la tierra (Takahashi, 2013), así entonces al

principio de la industrialización estas se encontraban a poca profundidad de la superficie terrestre pero a medida que su uso se masifico se hizo necesario penetrar de modo más profundo la corteza, a medida que el equipo tecnológico evoluciono, también se hizo mucho más extensiva e intensiva la explotación de este tipo de recursos que a su vez dieron paso a enormes conglomerados económicos con un poder político importante que de cierta forma vendo los ojos de la regulación por varios periodos de tiempo (Takahashi, 2013).

Pero a partir de los movimientos sociales difundidos en la década de los sesenta y setenta la humanidad empezó a sentir preocupación por el monto de recursos biológicos que se estaban destruyendo así como por la acción apática de algunos estados frente a este grave problema, así entonces se empezó a generar un cambio de visión respecto a la calidad del mundo a legar a las futuras generaciones y la manera como el cambio climático fue impulsado por el hombre desde sus propias acciones y su ansia de tener , controlar y poseer el dominio sobre el medio que consideraba como solo suyo (Prado, 2014).

## I. Los Sistemas de Movilidad de Combustión Fósil

Los sistemas de combustión de orden sustentable se han enfocado en el aprovechamiento de fuentes alternas de generación de energía diferentes a las de origen fósil. Como son aquellas que provienen del viento, el sol o los derivados extraídos de algunas variedades de frutas y verduras y que se denomina Etanol (Carreño, et al, 2015), a lo largo de varias décadas se han desarrollado iniciativas importantes en cada uno de estos campos, en donde el uso de los paneles solares ha adquirido un importante campo de divulgación así como de comercialización en donde en el rango de mecanismos de movilidad se han dado ligeros avances, que pese a ser altamente prácticos, no resultan ser muy vistosos desde el punto de vista estético, así entonces estos ofrecen ventajas como ser renovable y no poseer agentes contaminantes del medio ambiente, aunque su principal desventaja se refleja en su baja potencia y su variabilidad energética (Davis, 2012).

**Figura 1:** Bluebird Primer Vehículo Solar



Fuente: Universidad de Alabama, 1977.

Uno de los primeros trabajos en cuanto a una aplicación que pudiese encontrar una alternativa a temas de movilidad fue el desarrollado en la universidad de Alabama por el profesor Ed Passerini en 1977 (figura 1), esta iniciativa fue tomada por este con el objetivo de capturar la mayor cantidad posible de energía solar para poder movilizar un vehículo ligero, este proyecto dio nombre al vehículo solar de la universidad como “Bluebird”

A nivel local el desarrollo en este tipo de prototipos fue aplicado a actividades de carácter domestico generalmente relacionado a la calefacción de espacios y lugares de descanso, y para algunos procesos de carácter industrial (H. Rodríguez, 2012), en el campo de la

movilidad se han adelantados esfuerzos por parte de la Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico EAFIT de la ciudad de Medellín, de la mano con la empresa privada se diseñó y construyó un móvil que opera con energía solar llamado “Primavera” el cual se observa en la figura 2, este vehículo ofrece un aporte a la movilidad sostenible aunque no es muy veloz en términos de kilómetros recorridos pero si cuenta con un grado de conservación importante respecto al medio ambiente local.

**Figura 2:** Primavera Primer Vehículo Eléctrico Solar en Colombia



Fuente: EAFIT, 2015

En cuanto al uso de energía eólica, esta se ha implementado para uso residencial de forma importante en algunas latitudes que gozan de fuertes movimientos aerodinámicos a lo largo de diferentes ciclos de tiempo a lo largo del año, que cuya velocidad impulse a su vez un grupo de aéreo-generadores que son una variación de los clásicos molinos de viento de tamaño variable que transforman la energía cinética del viento al causar el movimiento de las aspas en electricidad que puede ser almacena y distribuida hacia una zona en particular (Goettemoeller, et al, 2016), en lo referente a sistemas de movilidad en Colombia se ha adelantado el proyecto EOLO que es un prototipo de híbrido automotriz que emplea la combinación de la potencia eléctrica de la mano de la recarga vía ondas del viento, de tal forma que a la par que este va circulando su batería se recarga automáticamente, aunque el nivel potencial inicial se deriva de energía eléctrica convencional, en la figura 3 se observa este modelo que cuenta con una capacidad para cinco personas y una alcance de velocidad promedio de 80km/h y cuyo modelo inicial ha arrojado resultados positivos en términos de la eliminación de emisiones contaminantes (Goettemoeller, et al, 2016).

**Figura 3:** EOLO Primer Vehículo Impulsado con Energía Eólica en Colombia



Fuente: Goettemoeller, et al, 2016

Así entonces se ha evidenciado que existen avances importantes en la utilización de energías renovables en la creación de mecanismos de movilidad, sin embargo no existen iniciativas únicamente en el campo de la funcionalidad solar y turbinas eólicas, también se ha avanzado en la consolidación de la funcionalidad de combustibles limpios como el etanol en donde países como Brasil adelantan con prototipos de vehículos que operan con una combinación de electricidad generada por la combustión de este elemento, el cual es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina y su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo (Rodríguez, H, 2012), El combustible resultante de la mezcla de etanol y gasolina se conoce como gasohol oalconafta. De las cuales se pueden derivar mezclas, con contenidos de etanol del 10% y 85%, respectivamente (Rodríguez, H, 2012).

Este compuesto se ha difundido como acompañante para brindar oxigenación a la gasolina normal, reemplazando a otro conocido como MTBE (éter metil tert butílico) y que es catalogado como altamente degradante y tóxico para los sistemas de agua y los ecosistemas.

El etanol puede ser obtenido a partir de una variedad importante de plantas aunque su rendimiento y calidad varían de una fuente a otra, el que se obtiene de esta manera se denomina bio-etanol y se encuentra en el centro de una polémica a nivel internacional de una parte se considera un recurso energético sostenible que cuenta con ventaja en lo relacionado a aspectos económicos y medioambientales, pero de otro lado existen críticas relacionadas con la destinación de recursos para la alimentación para la producción de este en detrimento de la seguridad alimentaria de poblaciones vulnerables (Ryan, Lisa & Turton, Hal, 2014), este compuesto natural tiene las mismas características así como la composición química del etanol común la diferencia se encuentra en el proceso de extracción que en general es mediante destilación, aun se requiere ahondar aún más acerca de las emisiones que se pueden generar a partir de la combustión de este, como pueden ser algunas bencinas o aldehídos, pero si bien se puede extraer de forma artesanal con un mínimo coste en términos energéticos si se requiere una gran cantidad de esta si se desea producir en un volumen importante por lo que aún no existe una sustitución perfecta frente a los combustibles fósiles (Ryan, Lisa & Turton, Hal, 2014).

La mejor forma como se puede adaptar este tipo de combustible orgánico a los vehículos es mediante un mecanismo de combustión alterna, que suministran energía al motor sin depender exclusivamente de los derivados del petróleo, hasta el ahora el proceso de comercialización de dichos automóviles ha sido lento pero creciente a razón 40 millones por año en países como Brasil, Estados Unidos, Canadá, Suecia e India. Pero esta cifra no corresponde en ningún momento a la venta exclusiva de modelos híbridos de gasohol, este valor es un compendio de autos sostenibles vendidos en los últimos cinco años, en lo referente a lo que usan etanol y gasolina como impulsor esta cifra no supera los 4.5 millones de ventas a lo largo de ese mismo periodo (Jutglar Luís. 2014), no obstante, se espera que esta tendencia cambie a medida que el consumo se incentiva por la existencia de precios con mayor accesibilidad.

En el año 2010 la marca Chevrolet lanzo un prototipo de vehículo denominado Volt Was 2010 que aparece en la figura 4, impulsado por una mezcla equitativa de gasohol, en una relación 40-60 que guardaba un sistema de impulso eléctrico que alargaba la vida útil de la mezcla, cuenta con un capacidad de alcance cercana a los 120km/h aunque su costo era

relativamente y rondaba los US\$50.000, sin embargo fue bien recibido por los expertos ya que se denoto una reducción de emisiones contaminantes cercanas al 60% (Jutglar Luís. 2014), pero no fue posible su difusión en parte por su alto costo y del otro lado por su escasa publicidad.

**Figura 4:** Prototipo de Vehículo Híbrido de GASOHOL.



Fuente: Alfred Szwarc Ingeniero en Jefe de Chevrolet, 2010.

Es evidente entonces la existencia de múltiples iniciativas a nivel internacional en el campo de la reducción progresiva del uso de combustibles de orden fósil mediante la utilización de nuevas fuentes de generación cuyo grado de explotación es aún menor pero cuyos costos económicos son importantes en especial cuando se trasladan a la comercialización, no obstante si es importante mencionar que la gran mayoría de estos avances buscan hacer frente de manera audaz al mercado creciente de medios de movilidad y de nuevos modos de desplazamiento, con un alto grado de concientización ambiental, de la mano de un marcado énfasis en la utilización de elementos de uso cotidiano y sus potenciales propiedades tanto físicas como químicas. Dadas estas circunstancias y en el marco de la formación profesional integral orientada por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), y tomando como referente la experiencia antes referenciada en este apartado, se retoma la investigación, partiendo de estos avances y realizando una evaluación completa de las características de los prototipos obtenidos y mediante la creación de un modelo propio de vehículo híbrido tipo buggy dentro del ambiente de trabajo del Semillero de Investigación en Química Aplicada SIQA del Centro de la Industria, la Empresa y Los Servicios de la regional Norte de Santander.

## **METODOLOGÍA**

Se ha diseñado y construido un prototipo de vehículo ecológico tipo Buggy que opera con una mezcla de gasolina y etanol extraído de los residuos de la piña, que cuenta con aplicaciones externas en un polímero orgánico obtenido de los cogollos de la misma fruta, que puede ser utilizado para todo tipo de movilidad y terreno bajo una autonomía cercana a las 8 horas por un tanque completo de gasohol en una proporción 70-30; 70% gasolina y 30% etanol, que alcanza en promedio una velocidad cercana a los 60km/h, con tres puestos y con una capacidad de soporte de aproximadamente 85 kg. El móvil tipo buggy se ha fabricado a partir de un sistema tubular hueco de bajo peso a base de aluminio que cuenta con un recubrimiento en un polímero antioxidante biodegradable de fácil evaporación.

Dado la necesidad de innovar en el campo de las soluciones para la movilidad sostenible se ha diseñado un bosquejo en el material previa modelización en el software Solid – Works que permite una visualización en tres dimensiones así como la realización de las respectivas modificaciones a que haya lugar (Ver figura 5) y de esta forma determinar las respectivas variaciones del prototipo frente a su futura utilización para modificar el modelo acorde a los distintos cambios en la dotación de materiales, y en los requerimientos del mecanismo de impulso del móvil que se realizan de forma previa para luego trasladarse a los materiales.

**Figura 5:** Modelo del Móvil Tipo Buggy en el Software Solid-Works



Fuente: Elaboración Propia, 2017

## RESULTADOS

El prototipo obtenido es de forma irregular formado a partir de estructura tubular que una característica que presentan los móviles tipo buggy no cuentan con una área trasera de bodegaje y el motor, así como la acción de impulso se da en la parte delantera, cuenta con tres asientos en lugar de dos, lo que constituye una variación referente a los modelos tradicionales, actualmente se ha venido dando un auge importante en la oferta de este tipo de vehículos en especial en zonas de actividad económica turística y cuyo terreno no es el mejor para ser recorrido a pie o en un medio como la bicicleta y cuyo costo de adquisición es relativamente bajo y es fácilmente recuperable mediante las operaciones financieras de alquiler, estos cuentan con un chasis de poco peso, generalmente sin techo y con un dos pares de ruedas gruesas y resistentes (Goettemoeller, et al, 2016), los primeros modelos fueron construidos por la firma Alemana Volkswagen inspirados en algunos insectos coleópteros como los escarabajos, hoy en día este tipo de autos se han masificado en algunas zonas de África y en Suramérica, al ser ampliamente versátiles pueden ser utilizados en cualquier tipo de superficie y no requiere una mayor pericia por parte del conductor e incluso se han empleado para cierto tipo de incursiones militares, para el caso del prototipo obtenido se ha adaptado parte de estas características en cuanto a la forma y el diseño, así entonces las llantas por ejemplo son de un diámetro aproximado de 8,5 cm y la estructura tubular pesa aproximadamente 7,5 kg tal y como se observa en la figura 6, el buggy que se ha creado es inspirado en los registros oficiales y cumple con su identificación adecuada.



**Figura 6:** Estructura Tubular del Móvil Tipo Buggy



Fuente: Elaboración Propia, 2017

Para las respectivas adecuaciones del vehículo, se han empleado aditamentos de otros automóviles y un recubrimiento, así como los aspectos relacionados con la cojinería y demás aditamentos a partir de compuesto orgánico derivado de los residuos de piña, de manera que este avance dentro del desarrollo de los sistemas de movilidad sostenible es un aporte hacia la concepción medioambiental a nivel regional. Para lograr que el buggy se impulse se emplea un motor regular de naturaleza híbrida que funcione no solo únicamente con gasolina, sino que también pueda adaptarse a variaciones hechas en la misma, es así como se tomó parte de un antiguo mecanismo de impulso de un carro ya chatarrizado, que se ubica en la parte trasera del mismo con una potencia de sesenta caballos de fuerza aproximadamente (ver figura 7), este se adapta a una mezcla carburante de gasohol que se prepara a partir de residuos de la misma fruta empleada en la carrocería, de esta forma se ha adaptado un mecanismo de consumo fósil por uno híbrido que se comporta de forma idéntica a los móviles tradicionales.

**Figura 7:** Ubicación del sistema de Propulsión del Móvil Tipo Buggy



Fuente: Elaboración Propia, 2017

Para obtener la estimación necesaria de la respectiva combinación entre etanol y gasolina convencional, se llevan a cabo una gama de pruebas que consisten en medir el grado de pureza del bio-combustible derivado para lo cual se procede a evaluar su capacidad para generar un grado apropiado de impulso energético para lo cual mediante la técnica de destilación se transforma de una concentración acuosa relativamente grande a una solución limitada de contenido puro mediante el uso de calor intensivo y varias secuencias

de filtrado que a su vez se someten a una eliminación total de presencia de agua que resulta poco eficiente en el mantenimiento del motor si se llegase a combinar con gasolina, para lo cual se realiza nuevamente un proceso de destilación hasta la extracción final del bio-combustible, a esta solución se le realiza una serie de evaluaciones cualitativas de pureza y rendimiento mediante un modelo probabilístico sencillo que se reproduce en la tabla 1:

Tabla 1: Evaluación de las Propiedades del Bio-Etanol para el Móvil Tipo Buggy

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
<b>Aspecto</b>	-	<i>Limpio y sin Impurezas</i>
<b>Color</b>	-	<i>Ligeramente Amarilloso</i>
<b>Acidez</b>	<i>Mg/L</i>	30
<b>Conductividad</b>	<i>μs/m</i>	500
<b>Masa</b>	<i>Kg/M<sup>3</sup></i>	375,4
<b>Grado Alcohólico</b>	<i>°INPM</i>	99,3
<b>Grado Hidrocarburito</b>	<i>%vol</i>	2,5
<b>Ion cloruro</b>	<i>Mg/kg</i>	1,0
<b>Ion sulfato</b>	<i>Mg/kg</i>	4,3
<b>Grado de etanol</b>	<i>%vol</i>	99,2
<b>Hierro</b>	<i>Mg/kg</i>	5,5
<b>Sodio</b>	<i>Mg/kg</i>	2,2
<b>Cobre</b>	<i>Mg/kg</i>	0,07

Fuente: ECOFYS, OMA, 2015

Una vez se han hecho las respectivas pruebas a la mezcla carburante se procede a adaptar el motor elegido ante este nuevo sistema de combustión para lo cual se realizan una serie de secuencias de encendido, aceleración y apagado, en donde se evalúan las respectivas emisiones a partir de la funcionalidad denotando una reducción promedio del 30% en relación con un combustible de origen totalmente fósil, lo que no ha sido aún posible y se espera alcanzar en próximas fases de la investigación es la ampliación del rango de participación del gasohol aumentando la secuencia del bio-etanol de 30 a 40 e incluso llegar a alcanzar un poco más de la mitad de la composición necesaria.

Para llevar a cabo la destilación se recurre a un manejo artesanal en donde mediante una olla a presión con un traspaso de metal se eleva la temperatura de la sustancia resultante del remojo de los cogollos de piña por un espacio temporal ilimitado en agua, si se transcurre un mayor lapso de tiempo mayor será la calidad del producto obtenido al final, así una vez se ha filtrado esta solución se procede a realizar la obtención en varias secuencias de calentamiento y envasado (ver figura 8), así entonces de 100 litros de agua en mezcla con el residuo biológico después de realizada la secuencia de secado y destilado se perciben cerca de cinco litros de bio-etanol lo cual es suficiente para garantizar la movilidad del buggy por espacio de cinco a seis días teniendo en cuenta que el motor tiene una capacidad de 1,6 galones.

**Figura 8:** Destilación del Bio- Etanol



Fuente: Elaboración Propia, 2017

Como ya se hizo mención anteriormente la estructura tubular del móvil permite su fácil acceso, así como la realización de diferentes tipos de ensamblajes, se espera que en fases posteriores de la investigación, también se logre reemplazar la batería convencional que en este momento tiene el mismo, ya a través de la iniciativa GELERGY que se desarrolla dentro del Semillero de Investigación en Química Aplica SIQA y que se encuentra en fase de consolidación; de otra parte para la cobertura se están realizando indagaciones respecto al compuesto orgánico que se empleara para los acabados en materia de resistencia y durabilidad para este tipo de estructuras (Ver Figura 9), ya que hasta ahora se ha empleado en la elaboración de productos de marroquinería y calzado pero que ha demostrado que se puede emplear en cualquier tipo de superficie y que al ser biodegradable contribuye a la conservación del medio ambiente.

**Figura 9:** Compuesto Orgánico Derivado de Residuos de Piña



Fuente: Rozo & Villamizar, 2017.

Dentro del proceso investigativo llevado a cabo para desarrollar este prototipo tipo buggy se ha tomado como parte fundamental la participación de diferentes disciplinas formativas, que abarcan desde la mecánica, la electricidad, la meca-trónica entre otras, hasta el momento el proyecto continua y se encuentra en la fase de cubrimiento a partir de las facetas anteriormente descritas, se espera continuar avanzando en la consolidación de esta iniciativa dentro de la concepción de movilidad sostenible.

Hasta ahora se ha logrado consolidar una iniciativa sostenible y que ha denotado un grado importante de eficiencia en lo relacionado a la velocidad y consumo de combustible, así como a la generación de emisiones con menor grado de concentración de CO<sub>2</sub>, se ha ahondado en la posibilidad de comercialización en el campo turístico de la región, aunque este paso no se ha concretado en parte por el momento actual que enfrenta el proceso de diseño y montaje, pero no se descarta hacia futuro apropiar esta iniciativa para el móvil ya consolidado y terminado.

**Figura 10:** Evaluación Preliminar del Prototipo Obtenido



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## **CONCLUSIÓN**

Se ha diseñado y construido un prototipo de vehículo ecológico tipo Buggy de estructura tubular que opera con una mezcla de gasohol en una proporción 70-30, en donde el primer componente es gasolina corriente y el segundo es etanol extraído de residuos de piña, que se emplean dentro de un motor de cuatro tiempos, a su vez la cobertura y los acabados son hechos a partir de un compuesto orgánico que se obtiene de los cogollos de piña el cual se encuentra en proceso de evaluación para determinar su viabilidad en este tipo de actividades.

Se requiere continuar investigando, así como realizar pruebas constantes de potencia y capacidad con el propósito de convertir esta iniciativa en un mecanismo que impacte positivamente el medio ambiente pero también el mercado laboral local con un grado importante de tecnificación y desarrollo del conocimiento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen de forma especial al Servicio Nacional de Aprendizaje, así como al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA por su colaboración efectiva en la elaboración de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Amado, 2008; Amado P., Blamont D; Solar pumping in India, Nepal and Mali - socio-economic feedback of twelve years experience; Paper presented at 11th EC Photovoltaic Solar Conference, Montreux.
- Carreño, Elsy del Pilar.; Vacca, Edwin Alfonso.; Lugo, Ingrid. 2015; "Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por etanol de caña de azúcar". Artículo de investigación Universidad Distrital de Colombia.
- Davis, G.W. et al. 2012. "Ethanol vehicle cold start improvement when using hydrogen supplemented E85 fuel" Disponible en: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=870702](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=870702) Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit.
- ECOFYS, OMA, Informe de la energía renovable, Int 2015.
- Ed. Passerini, 2014 "Dr. Ed Passerini talks solar car", University of Alabama new college, England.
- Goettemoeller, Jeffrey; Adrian Goettemoeller. 2016. *Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence* Praire Oak Publishing, Maryville, Missouri, pp. 56-61.
- Goettemoeller, Jeffrey; Adrian Goettemoeller. 2016. *Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence* Praire Oak Publishing, Maryville, Missouri, pp. 60-63.
- Jutglar Luís. 2014. Energía Solar. Energías Alternativas y Medio Ambiente. Ediciones CEAC. Barcelona.
- Nagaraj, R, Power Electronics (IICPE), 2012 IEEE 5th India International Conference, Renewable energy based small hybrid power system for desalination applications in remote locations.
- Nogueira H. Luis A. 2014. "Perspectivas de un Programa de Biocombustibles en América Central: Proyecto Uso Sustentable de Hidrocarburos", disponible en <http://www.agrocombustibles.org/conceptos/CepalBiocombustiblesLac2004.pdf> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Passerini, Ed. 1977 "Solar Vehicle Prototype" Disponible en: <http://www.universityofalabama/historicdates.abstract.pdf>. University of Alabama.
- Prado Carlos. 2014, Diseño de sistema de Combustible para una comunidad, IE-0502 proyecto eléctrico, ciudad universitaria Rodrigo Facio.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2016. "Energías Renovables en el Siglo XXI" disponible en <http://www.pnuma.org/conceptos/energialimpia2014.pdf>. Organización de Naciones Unidas (ONU).
- Rodríguez, H. 2012 "Development of solar Energy in Colombia and its Prospects", Bogotá, Colombia, Rev. Ing. ISSN 0121-4993.

- Rodríguez. H. 2010 Situación Energética de la Costa Atlántica. Vol.12 - Energía Solar, 2ª Edición corregida. Barranquilla: Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica.
- Romero M. Javier I. 2015. "Vehículo Solar Colombiano" Disponible en <http://www.eafit.edu.co/investigaciones>. Universidad EAFIT, Medellín, Antioquia.
- Rozo G. Sandra M & Villamizar L. Jesús A. 2017. Elaboración de un Compuesto Orgánico Derivado de Residuos de Piña. Semillero de Investigación en Química Aplicada, SIQA, Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Ryan, Lisa & Turton, Hal. 2014 *Sustainable Automobile Transport*, Edward Elgar Publishing Ltd, England, pp. 40-41.
- Szwarc Alfred. "Abstract: Use of Bio-fuels in Brazil". 2012. Disponible en: [http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_10/in\\_session\\_workshops/mitigation/application/pdf/091204\\_szwarc\\_mitigation\\_abstract.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_10/in_session_workshops/mitigation/application/pdf/091204_szwarc_mitigation_abstract.pdf). United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Takahashi Yoshio. 2013 "Nissan Unveils New Electric Car. Disponible en: <http://online.wsj.com/article/SB124919217149699407.html>. Wall Street Journal.
- UCLM, grupo G-9, Física Ambiental Energía Eólica, España 2011.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Leidy Johanna Díaz Atuesta Miembro Semillero de Investigación de Química Aplicada SIQA, Aprendiz en Tecnología en Mantenimiento Mecánico Automotriz de Servicio Nacional de Aprendizaje Seccional Norte de Santander, Cúcuta, Colombia, [ljdz28@misena.edu.co](mailto:ljdz28@misena.edu.co).

Sandra Maria Rozo Gelvez Líder Semillero de Investigación de Química Aplicada SIQA, Química, Instructora Servicio Nacional de Aprendizaje Seccional Norte de Santander, Cúcuta, Colombia, [smrozo36@misena.edu.co](mailto:smrozo36@misena.edu.co).

Jesus Antonio Villamizar Loaiza Miembro Semillero de Investigación de Química Aplicada SIQA, Economista, Aprendiz en Tecnología en Formulación de Proyectos Servicio Nacional de Aprendizaje Seccional Norte de Santander, Cúcuta, Colombia, [javillamizar22@misena.edu.co](mailto:javillamizar22@misena.edu.co)

Wilmer Guevara Líder Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA- Cúcuta, Colombia, [wguevara@sena.edu.co](mailto:wguevara@sena.edu.co)



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# SOLUCIÓN HABITACIONAL MEDIANTE EL USO DE LA TIERRA Y LAS GRAMINEAS COMO MATERIALES CONSTRUCTIVOS

HABITATIONAL SOLUTION THROUGH THE USE  
OF THE EARTH AND THE GRAMINEOUS  
AS CONSTRUCTIVE MATERIALS



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **SOLUCIÓN HABITACIONAL MEDIANTE EL USO DE LA TIERRA Y LAS GRAMINEAS COMO MATERIALES CONSTRUCTIVOS**

## **HABITATIONAL SOLUTION THROUGH THE USE OF THE EARTH AND THE GRAMINEOUS AS CONSTRUCTIVE MATERIALS**

Oswaldo Hurtado Figueroa,  
Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez,  
Universidad Francisco de Paula Santander sede Cúcuta

### **RESUMEN**

El déficit de vivienda presentado en zonas rurales de nuestro país, junto a los altos costos de materiales convencionales para su construcción debido a gastos relacionados con acarreo a los que son sometidos desde ciudades hasta el lugar de disposición final, ha generado una problemática habitacional que obliga la utilización de madera y otros materiales, de poca resistencia, en la edificación de viviendas, por parte de lugareños. Para evitar la tala indiscriminada de bosques, actividad generada con la utilización de la madera, como material constructivo en estas zonas, se hace necesario el uso de materiales propios de la región mediante la implementación de técnicas constructivas que ancestralmente fueron utilizadas para urbanizar naciones, siendo evidentes, en la actualidad, algunas obras ejecutadas con procedimientos antiguos. La invención de materiales novedosos, transformados con procesos industrializados, que en su mayoría, generan algún tipo de residuo contaminante, en su afán de producir y vender, en ocasiones, favorece más la economía del productor que al medio ambiente. En la vereda J-10 ubicada en el municipio de Tibú perteneciente a la Región del Catatumbo en el departamento del Norte de Santander, se viene desarrollando el proyecto de investigación denominado Aldea Ecológica donde se construyó un taller, como planta física, dentro del cual se acondicionó el primer laboratorio de la tierra y los biomateriales para su uso en la construcción de viviendas de nuestro país. En el laboratorio se desarrollan investigaciones en caminadas a la utilización de la tierra y los biomateriales (residuos vegetales, estiércol de animales, gramíneas entre otros) en la construcción de viviendas. Se realizan ensayos de campo a las muestras de suelos, determinando su contenido de arcilla, junto a la combinación con los demás biomateriales se obtienen diseños de mezclas, con proporciones documentadas, elaborando probetas que luego de su secado natural, se someten a ruptura manual, identificando su tenacidad. Estableciendo los diseños de mezclas más resistentes, se elaboran probetas que son llevadas a laboratorios de resistencias de materiales, arrojándonos información de interés. Como producto de las investigaciones, se han obtenido diseños de mezclas para la elaboración de mampuestos, elemento principal para la construcción de la solución habitacional presentada.

**Palabras clave:** residuos vegetales, gramíneas, suelo arcilloso, tierra, construcción



## ABSTRACT

The housing deficit presented in rural areas of our country, together with the high costs of conventional materials for its construction due to expenses related to transport to which they are subjected from cities to the place of final disposal, has generated a housing problem that obliges the use of wood and other materials, of little resistance, in the construction of houses, by local people. To avoid the indiscriminate felling of forests, activity generated with the use of wood, as a constructive material in these areas, it is necessary to use materials from the region through the implementation of constructive techniques that were used ancestrally to urbanize nations, being evident, at present, some works executed with old procedures. The invention of novel materials, transformed with industrialized processes, which mostly generate some type of polluting waste, in its eagerness to produce and sell, sometimes favors more the economy of the producer than the environment. In the path J-10 located in the municipality of Tibu belonging to the Catatumbo Region in the department of Norte de Santander, the research project called Aldea Ecológica is being developed where a workshop was built, as a physical plant, within which conditioned the first laboratory of the earth and biomaterials for use in the construction of homes in our country. In the laboratory, research is carried out on route to the use of land and biomaterials (plant residues, animal manure, grasses, among others) in the construction of houses. Field tests are carried out on soil samples, determining their clay content, together with the combination with the other biomaterials, mixtures designs are obtained, with documented proportions, making test tubes that after their natural drying, undergo manual rupture, identifying his tenacity. Establishing the designs of the most resistant mixtures, samples are made that are taken to laboratories of resistance of materials, throwing us information of interest. As a result of the investigations, designs of mixtures have been obtained for the elaboration of masonry, main element for the construction of the presented housing solution.

**Keywords:** vegetable residues, gramineous, clay soils, earth, construction.

## INTRODUCCION

La tierra ha sido el material de construcción más utilizado en el mundo, fue uno de los materiales principales usados por el hombre para la edificación de sus moradas. Cabe en lo complejo, el encontrar una nación que no presente construcciones edificadas con este tipo de material, en su patrimonio arquitectónico, de ahí podemos afirmar que la tierra fue, sin lugar a duda, uno de los materiales constructivos más utilizados por las diferentes culturas para la edificación de sus asentamientos, los cuales, en algunos casos, podemos constatar mediante las construcciones que siguen en pie dejando en evidencia las bondades longevas de este material.

Con la utilización de la tierra como material constructivo se crean numerosas técnicas o métodos para su transformación y posterior utilización, las cuales poseen una serie de variantes con la que podemos identificar o describir la identidad cultural de la población que adopto el material para su implementación en la construcción de sus complejos habitacionales.

Las técnicas constructivas en tierra más conocidas y utilizadas, de las cuales se hacen evidentes múltiples construcciones alrededor del mundo son: El adobe, la tapia pisada, el Cob, y la Quincha, Bahareque o pared francesa, también podemos mencionar la utilización de la paja (residuo vegetal) que, dependiendo de su utilización, es ayudada por tierra arcillosa “humedecida” para ganar densidad en su compactación. Estas técnicas se diferencian según la presencia o no de otros biomateriales en la mezcla o estructura principal de la vivienda que favorece su implementación, también de algún tipo de elemento externo necesario para la correcta ejecución, transformación o elaboración de elementos.

Es por esto que en la elaboración de abobes, elementos de mampostería para el levantamiento de muros, se hace necesario el uso de un molde con el cual se fabrican piezas individuales, en ocasiones, y de estar presente en la región o zona, se adiciona paja a la mezcla de tierra arcillosa para ganar tracción y resistencia mecánica. En el caso de la tapia pisada, es indispensable la utilización de una formaleta que ayuda al encofrado, en situ, de la sección de muro a izar, la tierra utilizada en esta técnica puede contener únicamente la humedad presente en el suelo extraído, de no ser así, puede ser adicionada en pequeñas cantidades. Para la Quincha o Bahareque, la estructura principal de la vivienda debe poseer un entramado de madera o cañas (gramíneas) que sujetan la mezcla para su correcta aplicación, la mezcla utilizada para esta técnica es, generalmente, la misma empleada para la producción de adobes. En el caso de la técnica Cob, la cual es denominada por algunos historiadores y expertos como la más antigua, su implementación favorece debido a la ausencia de algún tipo de elemento adicional en su mezcla o estructura, puesto que se trata de hacer una mezcla, humedeciendo el suelo existente, para luego depositarla directamente sobre la cimentación destinada para la vivienda, que, para mejorar su comportamiento estructural, debe ser circular. La colocación de la mezcla se hace por tongadas diarias con una altura que oscila entre 0,20 y 0,30 m, escarificando o agujerando con los dedos la superficie superior de la capa colocada para garantizar mejor adherencia con la próxima que será colocada al día siguiente.

Gran parte de las edificaciones patrimoniales en Colombia se encuentran construidas con materiales compuestos por tierra (adobe y tapia pisada). Durante los últimos años se han realizado esfuerzos para rescatarlas, para lo cual se han diseñado diferentes técnicas de rehabilitación que buscan mejorar su desempeño estructural y una protección para el deterioro natural (Pérez et al., 2007). Citado por (Uribe Kaffure & et al, 2014)

La medición del déficit de vivienda en Colombia dista de ser una nueva preocupación en el contexto nacional. De acuerdo al centro de estudios de la construcción y el desarrollo urbano y regional (CENAC) los principales esfuerzos realizados por organismos públicos y privados para este fin se enmarcan en la década de los setenta, si bien los principales desarrollos fueron llevados a cabo en los noventa. (Torrez Ramirez & et all, 2016).

Si bien se presenta una problemática habitacional en nuestro país, y más en las zonas veredales donde se complejiza el acceso y el transporte de los materiales para su construcción, situación que incrementa significativamente los costos, posición que obliga a los lugareños o personas residentes de estas zonas a pagar sobre costos en la compra de materiales convencionales para la construcción de sus viviendas o construirlas en madera, siendo la tala de busques el daño colateral. Esta situación contradice con lo descrito en el documento Metodología Déficit de vivienda del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE que en su introducción nos plantea:

La vivienda en un sentido amplio se entiende como un bien complejo que satisface un amplio conjunto de necesidades, le corresponde garantizar la protección y abrigo frente al medio físico y social, la separación y aislamiento para lograr la privacidad de la familia y cumplir con funciones básicas para la sobrevivencia y la perpetuación de la especie como la preparación y consumo de alimentos, el aseo personal, el reposo, la recreación, la procreación y la crianza. El acceso a esta constituye un proceso continuo de transformación, participación y cambio social que incrementa la libertad y el bienestar de las personas, en la medida en que contribuye al desarrollo de sus potencialidades, a la ampliación de sus capacidades y a la acumulación de riqueza. De esta manera, el acceso a la vivienda configura una de las estrategias más importantes de la política social que intervienen en el avance de otras dimensiones fundamentales del bienestar y por ende en el crecimiento económico y en el desarrollo de un país. (DANE, 2009, pág. 9)

Lamentablemente en algunas zonas rurales de nuestro país no se cumple con lo descrito anteriormente, debido a esto, y para dar una solución pronta, se hace necesaria la utilización de materiales alternativos con los que se puedan suplir estas necesidades habitacionales, que generen el menor impacto ambiental posible cumpliendo los parámetros descritos por la norma sismo resistente NSR-10 que rige para nuestro país.

Llegando a colación el tema ambiental, en la actualidad evidenciamos el fenómeno presentado debido al cambio climático que alteran significativamente las condiciones climáticas, viéndose reflejadas en el aumento o disminución de la temperatura, variaciones en las precipitaciones y sequías junto a las radiaciones solares. Los causantes son múltiples e identificados por los diferentes estudios realizados, siendo uno de ellos, el gasto energético y los residuos generados en los procesos industrializados para la elaboración de materiales de construcción. Citando como ejemplo los gases resultantes en la fundición del acero, la cocción de elementos de mampostería (ladrillos, bloques) y los materiales para la elaboración del cemento.

Según estudios realizados, las ladrilleras artesanales son las más contaminantes puesto que utilizan elementos no convencionales como combustible para la cocción de los ladrillos o bloques. “El proceso tradicional de cocción del ladrillo dura de seis horas a tres días y utilizaba neumáticos viejos y madera como combustible, que, al arder, emiten grandes cantidades de gases altamente tóxicos y de efecto invernadero...” (Zetter Echanove & et al, 2017, pág. 4)

La tierra como material de construcción sería una alternativa eficaz para dar solución a las problemáticas, tanto déficit habitacional como medio ambiental, puesto que en su extracción y transformación es mínimo el gasto energético.

La tierra es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Este se obtiene frecuentemente directamente en el sitio cuando se excavan los cimientos. En los países industrializados la desmedida explotación de los recursos naturales y los sistemas de producción centralizados, intensivos en capital y energía no solo generan desperdicios, sino que contaminan el medio ambiente, incrementando el desempleo. En esos países la tierra ha resurgido como material de construcción. (MINKE, 2008, pág. 13)

La investigación e innovación que toma a la tierra como material de estudio, ha generado una serie de resultados favorables que sustentan de manera positiva la utilización de este noble material como elemento constructivo para la edificación de viviendas. No solo el resultado de las investigaciones lo sustenta, también, de manera tangible, las construcciones actualmente existentes alrededor del mundo dan fe de sus propiedades constructivas.

La tierra como material constructivo es valorada cada vez más con base en sus características más saludables comparado con materiales industriales como el hormigón armado, el ladrillo, el acero. Para estos últimos se necesita mucha energía de producción y transporte, la cual no sólo es no renovable, sino que contamina. En la construcción con tierra prácticamente no se genera contaminación ambiental, el material no contiene sustancias tóxicas, en su producción y transporte se necesita mucho menos energía y demanda menores costos, y puede ser reciclada casi en su totalidad, volviendo a ser parte de la naturaleza. (Rotondaro, 2007, pág. 342)

## **FUNDAMENTO TEORICO**

Debido a las características constructivas de la tierra evidenciada por los múltiples estudios realizados, dando inicio en la década de los 70, junto a las construcciones edificadas alrededor del mundo con este noble material, algunos países europeos ratifican la importancia y utilidad de la tierra mediante su aval normativo.

Como consecuencia de “la crisis del petróleo” y la “crisis económica” de la década de los 70 del siglo XX, los países industrializados comenzaron a desarrollar un discurso sobre la renovación del uso de la tierra como material de construcción, patrocinando programas de investigación, desarrollando aplicaciones en esta área y llegando incluso a integrar algunas de las técnicas de construcción con tierra en las normativas legislativas nacionales y regionales, Francia, Alemania y estados unidos son tres de los países en los que, a partir de ese momento, ha habido mayor inversión en programas de investigación en innovación en el material de tierra. (Rocha & Jove, 2015, pág. 10)

Algunos países ven en la tierra el material principal para la construcción de sus complejos habitacionales, cual sea su razón, cultural, social, economía, se mantiene la tradición constructiva con el empleo de este material, hasta el punto de llegar a ser normalizado.

**Figura 1:** Listado de normas y reglamentos.

País	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapia	Notas							
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	7	x		x		BTC estabilizado con cemento específica, métodos de ensayo.							
	NBR 8492, 1986.		8												
	NBR 10832, 1989		9												
	NBR 10833, 1989		10												
	NBR 10834, 1994.		11												
	NBR 10835, 1994		12												
	NBR 10836, 1994		13												
	NBR 12023, 1992		14												
	NBR 12024, 1992		15												
	NBR 12025, 1990		16												
	NBR 13554, 1996		17												
	NBR 13555, 1996		18												
	NBR 13553, 1996		19												
	Colombia		NTC 5324, 2004						ICONTEC	20	x		x		Estabilizado con cemento
	EEUU		NMAC, 14.7.4, 2004						CID	21		x	x	x	Reglam. Estatal de Nuevo México.
			ASTM E2392 M-10						ASTM	22		x		x	
	España		UNE 41410:2008						AENOR	23			x		Primera norma Europea
	Francia		XP P13-901, 2001						AFNOR	24			x		Norma experimental
	India		IS 2110 : 1980						BIS	25	x			x	Paredes de suelo-cemento
IS 1725 : 1982.		BIS	26	x			x								
IS 13827 : 1993		BIS	27		x		x	Directrices resistencia a terremotos							
Italia	Ley nº 378, 2004		28			x	x	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra							
	L.R. 2/06 2 2006		29		x	x	x								
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	30	x		x									
Nigeria	NIS 369:1997.	SON	31	x		x									
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ	32			x	x	x							
	NZS 4298, 1998.		33												
	NZS 4299, 1999.		34												
Perú	NTE E 0.80, 2000	SENCICO	35			x									
	NTP 331.201, 1979	INDECOP I	36	x	x										
	NTP 331.202, 1979.		37												
	NTP 331.203, 1979.		38												
			39												
Regional África	ARS 670, 1996	ARSO	40			x									
	ARS 671, 1996		41												
	ARS 672, 1996		42												
	ARS 673, 1996		43												
	ARS 674, 1996		44												
	ARS 675, 1996		45												
	ARS 676, 1996		46												
	ARS 677, 1996		47												
	ARS 678, 1996		48												
	ARS 679, 1996		49												
	ARS 680, 1996		50												
	ARS 681, 1996		51												
	ARS 682, 1996		52												
	ARS 683, 1996		53												
	Sri Lanka		SLS 1382-1:2009						SLSI	53	x		x		Bloques de suelo comprimido estabilizados
SLS 1382-2:2009			54												
SLS 1382-3:2009			55												
Túnez	NT 21.33:1996	INNORPI	56			x		En francés							
	NT 21.35:1996		57					En francés							
Turquía	TS 537, 1985.	TSE	58	x				En turco							
	TS 2514, 1985.		59												
	TS 2515, 1985.		60												
Zimbabue	SAZS 724, 2001.	SAZ	61				x								

Abreviaturas: ORG (Organismo); REF (Referencia, ver en bibliografía el número); EST (Estabilización, si solo contempla el uso de tierra estabilizada)

Fuente: (Mazarron, 2011)

El listado presenta las normas de construcción en tierra en los países reglamentados. En Colombia se establece la NTC 5324 que indica la utilización del suelo en cementado.

El señor Gernot Minke, arquitecto y catedrático de la Universidad de Kassel en Alemania, quien ha dirigido el instituto de investigación de construcciones experimentales de la misma universidad, desde 1974 ha llevado a cabo más de 30 proyectos de investigación y desarrollo en el campo de construcciones ecológicas, viviendas de bajo costo y especialmente en el campo de construcciones en tierra.

Ha diseñado varias edificaciones particulares y públicas donde el barro es el material predominante. Sus obras se encuentran no solo en Europa, sino también en América del sur, América central e India.

Ha publicado varios libros y más de 250 artículos, ha participado como invitado en más de 40 conferencias internacionales, así mismo, ha impartido numerosos cursos formativos en Argentina, Bolivia, Brasil, Guatemala, India, México, Paraguay, Venezuela y Colombia sumado a sus conferencias en diferentes universidades del mundo.

Convirtiéndose, de esta manera, en un referente de talla internacional, siendo casi de obligatoriedad, por decirlo así, la citación de algunos de sus estudios e investigaciones en los documentos científicos relacionados con la temática a divulgar.

Obtener un material de construcción a partir de un suelo arcilloso no es siempre sencillo y requiere experiencia. La mezcla adecuada depende el tipo de suelo, de su consistencia y de la aplicación que se le quiera dar. Un suelo húmedo suelto con bajo contenido de arcilla y alto contenido de arena puede ser utilizado directamente para la construcción de un muro de tierra apisonada. Terrones de tierra con alto contenido de arcilla no pueden utilizarse como material de construcción. Estos deben triturarse o disolverse en agua y posteriormente el contenido de arcilla debe rebajarse agregando arena a la mezcla. (MINKE, 2008, pág. 44)

En Colombia un referente de construcciones en tierra es Barichara, un municipio del departamento de Santander que se caracteriza por sus construcciones coloniales donde la utilización de las técnicas constructivas ancestrales sigue vigente, a pesar de no ser contempladas por la Norma Sismo Resistente NSR-10 de nuestro país. En este municipio la alcaldía local expide un permiso o licencia de construcción para la edificación mediante la utilización de la técnica constructiva Tapia Pisada.

En Barichara, el campo del patrimonio cultural es fértil para el conflicto porque se trata de una “cultura viva”, es decir que las manifestaciones patrimonializadas no son relictas, sino que están en práctica y suponen una renovación permanente del conocimiento. (Cote Navarro, 2014, pág. 175)

La constante utilización del material para la construcción de sus viviendas hace de Barichara un referente nacional en el uso de la tierra y la puesta en práctica en de las diferentes técnicas constructivas derivadas de los conocimientos ancestrales, preservando, de esta manera, la costumbre cultural fortaleciendo, a su vez, la identidad de sus habitantes ante la comunidad internacional que ve con buenos ojos la continuidad de las costumbres locales. En este mundo cambiante, donde cada día se innova en materiales para la construcción, los cuales, en la mayoría de los casos, son productos resultados procesos industrializados, es de valorar este tipo de comunidades que le apuestan a lo ancestral y endémico para dar continuidad a sus tradiciones.

Barichara es un municipio del departamento de Santander, localizado en la zona nororiental de Colombia, donde las técnicas de construcción con tierra se mantienen en uso desde hace más de 300 años. La mayor parte del área urbana es hecha en tapia pisada y bahareque. Sus calles y cercas en piedra, las tejas y pisos de barro cocido, las paredes blancas por la cal y las puertas de madera en su mayoría verdes o azules, completan la serie de elementos que caracterizan la imagen de este lugar. (ProTerra, 2015).

## El proyecto

En la vereda J-10 ubicada en el corregimiento de tres Bocas en el municipio de Tibú en la región del Catatumbo del departamento del Norte de Santander, el Centro de la Industria la Empresa y los Servicios C.I.E.S del SENA de la Regional viene desarrollando el proyecto de investigación denominado Aldea Ecológica, la cual contempla un área de 1.5 hectáreas donde se construyó un taller, como planta física, de 22 m de largo por 11,5 m de ancho, cuya estructura fue realizada con guadua local, elemento que hasta hace 2 años no era valorado por los habitantes de la región como elemento estructural debido a desconocimiento de sus propiedades y métodos constructivos.

**Figura 2:** Construcción del taller (planta física)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Construcción del taller como planta física. La guadua fue cortada en un guadual ubicado en el Km 23 vía al municipio de la Gabarra. Dentro del taller construido, como planta física, se acondiciono un laboratorio de campo para el análisis de la tierra y biomateriales para su uso en la construcción de viviendas.

**Figura 3:** Laboratorio para ensayos de campo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Dentro del taller se acondiciona el laboratorio de campo para el análisis de la tierra y los biomateriales para su uso en la construcción de viviendas.

La finalidad del proyecto, como se indica en el objetivo general junto con los específicos, es el análisis de la tierra y otros biomateriales tales como la caña brava, la guadua, la paja “residuo vegetal del arroz” entre otros, para el diseño de mezclas óptimas que puedan ser aplicadas en la construcción de viviendas, mejorando la sensación térmica de los ambientes internos de la vivienda mediante, una de las tantas bondades del material como lo es, la absorción de la humedad relativa.

**Figura 4:** Actividades realizadas en el laboratorio de campo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En el laboratorio de desarrollan diferentes actividades tales como la recolección, preparación de materiales, elaboración de muestras y diseños de mezclas.



## METODOLOGIA

Se utilizó la metodología de investigación aplicada, la cual da inicio con la revisión del estado del arte sobre la temática, donde se consultaron manuales, artículos de investigación, videos, libros de diferentes países, tomando lo más relevante a nuestra investigación para luego ser replicada con los materiales propios de la zona.

Teniendo la información filtrada se da inicio a la toma de muestra de los diferentes bio materiales a utilizar en los ensayos. Se tomaron muestras de suelos del terreno propio y de fincas vecinas, se recolecto paja de arroz, estiércol de animales y se realizaron cortes de guaduas y caña brava.

**Figura 5:** Recolección de Biomateriales



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La recolección de muestras de los diferentes materiales es realizada en situ, de esta manera se garantiza la focalización de los resultados.

A las muestras de suelos tomados, se les realizan los siguientes ensayos de campo para determinar su contenido de arcilla:

### **Caída de la Bola**

Se toma una muestra de suelo removiendo previamente la capa vegetal, se tamiza en malla de 4.76 mm “tamiz # 4” se agrega agua hasta lograr una masa moldeable, la mezcla debe ser lo más seca posible y a la vez lo suficientemente húmeda para formar una bola de 4 cm de diámetro aproximadamente, teniendo la bola de muestra se deja caer de una altura entre 1.5 a 1.7 mts, la altura aproximada del mentón de una persona, a una superficie plana y dura. El resultado visto al impactarse con la superficie nos indicara lo siguiente:

1) Si la bola se desase nos indica que el suelo tiene muy bajo contenido de arcilla por consiguiente su capacidad aglutinante es insuficiente, este tipo de suelos no es apto para la elaboración de adobes o tapial. En este caso el suelo debe mezclarse con otro más arcilloso o en su defecto reemplazarlo.

2) Si la bola se deforma levemente presentando pocas o ninguna fisura es un material con mucha arcilla y alta capacidad aglutinante que generalmente debe rebajarse agregando arena

3) El caso intermedio tiene menos arcilla y su capacidad aglutinante es relativamente pobre o media, pero permite ser utilizada en adobes y tierra apisonada “tapia pisada” (Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Ensayo Caída de Bola, 2012)

**Figura 6:** Ensayo de campo Caída de la Bola



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Las muestras deben ser arrojadas a la misma altura se paradas por un paso. Se recomienda que sea lanzada por la misma persona.

### **Ensayo de plasticidad**

Se toma una muestra de suelo removiendo previamente la capa vegetal, se tamiza en malla de 4.76 mm “tamiz # 4” se agrega agua a 2 kilos de suelo tamizado y se amasa hasta conseguir una masa plástica y cohesiva, tomando un molde rectangular con dimensiones 30 x 3 x 3 cm se hacen tres muestras, la muestra se hace forrando o encamisando con un plástico el molde, se vierte la masa presionando levemente, emparejamos la superficie, cortamos el exceso a ras de molde , retirando la muestra del molde pero no del plástico, la colocamos sobre el mesón o una mesa.

- 1) Se desliza lentamente hacia el borde de la mesa o mesón hasta que se corte
- 2) Se toma la medida de la muestra que queda sobre el mesón o mesa y por diferencia se calcula la longitud del pedazo desprendido.
- 3) Se realiza este procedimiento con las otras 2 muestras
- 4) Si el promedio de corte es menos de 7 cm nos indica falta de arcilla en este caso se debe buscar otro suelo más rico en arcilla o agregar suelo arcilloso de algún sector cercano.
- 5) Si el promedio de corte esta entre 7 y 14 cm el suelo es adecuado y no necesita de ningún tipo de modificación
- 6) Si el promedio de corte es mayor a 14 cm o simplemente no se corta nos indica exceso de arcilla, lo que puede corregirse agregando porciones de arena a la muestra realizada y se repite la prueba hasta lograr el corte de la muestra dentro del rango aceptable. (Tecnológico, Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Ensayo de Plasticidad, 2012)

**Figura 7:** Ensayo de plasticidad



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El ensayo de plasticidad también recibe el nombre de “ensayo del Rollo”. Se recomienda deslizarlo sobre una superficie lisa para garantizar su arrastre.

Ensayo de retracción por secado: Se toma una muestra de suelo removiendo previamente la capa vegetal, se tamiza en malla de 4.76 mm “tamiz # 4” se agrega agua hasta lograr una masa moldeable, con la masa obtenida se llena el molde de 60 x 8.5 x 3.5 cm.

- 1) Luego de llenos los moldes se dejan secar en un área sombrada durante 15 días.
- 2) Pasados los 15 días, si el suelo es arcilloso pueden aparecer grietas o separación parcial de masa de suelo por efecto natural de retracción de secado.
- 3) Las grietas deben medirse y sumarse para luego calcular el % que representan con respecto al total del molde, este % indicara la cantidad de arcilla presente en el suelo analizado. Un suelo normalmente arcilloso se retrae aproximadamente un 10 %, para nuestro ensayo serian 6 cm, con base en este dato podemos identificar qué tipo de suelo es y si necesita o no ser modificado. Recordemos que la arcilla es como el pegamento del suelo, sin ella se desase la masa y su exceso produce demasiada retracción junto con las complicaciones constructivas que esto conlleva. (Tecnológico, Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Retracción de secado, 2012)

**Figura 8:** Ensayo de Retracción por secado



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La medición de las fisuras o grietas debe hacerse minuciosamente, se aconseja realizarlas con una cinta métrica flexible.

Con los ensayos de campo realizados a las muestras de suelos recolectadas se hacen los diseños de mezclas, de 15 a 20 diseños según sean las proporciones utilizar. Al igual que en el concreto 1:2:3 donde 1 indica la porción de cemento, 2 las porciones de arena y 3 las porciones de triturado, se toma una referencia de la cual se agregan cantidades a un balde (1 de suelo arcilloso, 1 de paja, 1 de arena - 2 de suelo arcilloso, 1 de paja, 1 de arena), documentando los diseños, marcando respectivamente cada muestra para indicar el diseño al que pertenece. Se mezcla y se vierte en un cilindro de PVC de 4" de diámetro por 1" de altura.

**Figura 9:** Elaboración de mezclas para muestras



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la elaboración de las muestras se debe tener una taza o cuchara medidora que garantice la cantidad necesaria para la preparación de las mezclas, evitando que falte.

Pasados 15 días de su secado a la sombra, se verifica la tenacidad de las muestras, partiéndolas manualmente, documentando las 3 muestras más tenaces.

**Figura 10:** Verificación de muestras



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para el desarrollo de esta actividad, al ser netamente de campo, sin instrumento de medición, debe ser realizada por una sola persona.

Identificadas las 3 muestras más tenaces, se toman como referencia sus diseños de mezcla para la elaboración de piezas de mampostería. El diseño del adobe fabricado es un producto de las investigaciones realizadas en el laboratorio, siendo presentado en el congreso internacional de arquitectura en tierra celebrado en la ciudad de Valladolid-España en su versión número XIII-2016.

**Figura 11:** Elaboración de mampuestos



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El diseño del adobe es un producto resultado de los trabajos de investigación realizados en el laboratorio. Fue presentado en el congreso internacional CIATTI-2016 con la comunicación “Adobe estructural reforzado con gramíneas de tallos con tejido leñoso”.

## RESULTADOS

Luego de elaboradas las piezas de mampostería con cada uno de los 3 diseños de mezcla óptimos identificados, se tomaron 3 unidades de cada lote y fueron sometidos a ensayos de compresión y flexión en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander con sede en la ciudad de Cúcuta, la maquina utilizada fue la IBERTEST 12 D.

**Tabla 1:** Resultados a flexión

<b>Ensayo carga a flexión para adobe muestra # 1</b>	
Carga de rotura máxima en KN	2,6
Carga de rotura máxima en Kg	264,77
Módulo de rotura en $kg/cm^2$	12,57
Módulo de rotura en PSI	178,78
Módulo de rotura en Mpa	1,23
<b>Ensayo carga a flexión para adobe muestra # 2</b>	
Carga de rotura máxima en KN	3,36
Carga de rotura máxima en Kg	342,83
Módulo de rotura en $kg/cm^2$	10,96
Módulo de rotura en PSI	155,82
Módulo de rotura en Mpa	1,07

Ensayo carga a flexión para adobe muestra # 3	
Carga de rotura máxima en KN	1,44
Carga de rotura máxima en Kg	147,04
Módulo de rotura en $kg/cm^2$	5,68
Módulo de rotura en PSI	80,82
Módulo de rotura en Mpa	0,56

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla 2.** Resultados de ensayo a la compresión

Ensayo a compresión para adobe muestra # 1	
Carga en KN	3,17
Carga en Kg	322,89
Resistencia a compresión en $kg/cm^2$	15,32
Resistencia a compresión en PSI	217,55
Resistencia a compresión en Mpa	1,5
Ensayo a compresión para adobe muestra # 2	
Carga en KN	2,74
Carga en Kg	279,83
Resistencia a compresión en $kg/cm^2$	13,28
Resistencia a compresión en PSI	188,54
Resistencia a compresión en Mpa	1,3
Ensayo a compresión para adobe muestra # 3	
Carga en KN	2
Carga en Kg	204,49
Resistencia a compresión en $kg/cm^2$	9,70
Resistencia a compresión en PSI	137,78
Resistencia a compresión en Mpa	0,95

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se promedia un resultado de 0,953 Mpa (138,22 Psi) de resistencia a la flexión de los adobes.

Se promedia un resultado de 1,25 Mpa (181,29 Psi) de resistencia a la compresión de los adobes.

Las resistencias mecánicas tanto a flexión como a la compresión de las piezas de mampostería (adobes) pueden ser mejoradas mediante el incremento de paja y arena gradualmente en próximos ensayos. Siendo el adobe reforzado por cañas horizontal y verticalmente junto a una estructura en guadua que debe tener el diseño de la vivienda a construir, según los parámetros de la norma NSR-10 en su título G construcciones en madera y construcciones en Guadua, puede ser utilizado para la construcción de viviendas.

Con los datos e información arrojada por los ensayos de resistencia de materiales, se construye una habitación de 3.42 m por 3,42 m entre ejes, con una altura de muros de 3,20 m en la parte frontal y 2,80 m en la parte posterior, con amachimbrado en caña brava para sujetar la cubierta en Zinc. Habitación que se construye para realizar análisis comparativos y mediciones tanto de temperatura como humedad relativa entre otros.

**Figura 12:** Elaboración de cuarto prototipo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La habitación en tierra prototipo se encuentra construida. Ya se dio inicio a la construcción de la habitación con materiales convencionales para realizar los respectivos análisis comparativos.

## **CONCLUSIÓN**

Existen estudios científicos que determinan la viabilidad del uso de la tierra como material constructivo junto a las construcciones que a pesar de los años aún siguen erguidas, con las cuales podemos evidenciar la longevidad de este noble material. Algunos países europeos ya están desarrollando proyectos de vivienda, no solo de interés social, de estratos medio altos y altos, ofreciendo la comodidad y el confort que brindan este tipo de edificaciones ante las inclemencias del cambio climático que toma mayor fuerza en las estaciones presentes en ese continente.

En nuestro país, a pesar de poseer un patrimonio cultural edificado con este material, aun no se implementa una normatividad para su utilización como material constructivo. Sabemos del poder que ejercen las grandes industrias de la construcción, que de una u otra manera serían los directamente afectados con la implementación nuevamente de ese material. Hasta entonces, podemos desarrollar proyectos de vivienda en tierra, que contemplen, en su estructura principal, la madera o la guadua, siendo estas avaladas por la Norma Sismo Resistente NSR-10.



## REFERENCIAS

Cote Navarro, L. A. (27 de Junio de 2014). El patrimonio como espacio de conflicto en Barichara, Santander. *Jangwa Pana*, 13, 166-178.

DANE. (15 de Julio de 2005). *DANE Por un país mejor*. Recuperado el 2 de 6 de 2017, de Pobreza y condiciones de vida déficit de vivienda: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/deficit-de-vivienda>

DANE. (2009). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2017, de Metodología Deficit de Vivienda: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Deficit\\_vivienda.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Deficit_vivienda.pdf)

*Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Ensayo Caída de Bola*. (18 de Julio de 2012). (C. d. Tecnológico, Productor) Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de caída de la bola: <https://www.youtube.com/watch?v=lu9ZdLionhs>

Mazarron, F. (Septiembre de 2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la construccion*, 63(523), 159-169.

MINKE, G. (2008). *Manual de construccion en tierra*. Kassel, Alemania: BRC Ediciones.

ProTerra. (13 de Noviembre de 2015). *SIACOT-ECUADOR*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2017, de Talleres de arquitectura en tierra para niños en Barichara, Colombia: <file:///C:/Users/oswaldo/Downloads/Dialnet-TalleresDeArquitecturaDeTierraParaNinosEnBarichara-6086024.pdf>

Rocha, M., & Jove, F. (2015). *Técnicas de construcción con Tierra*. (F. Jorge, Ed., & M. 21, Trad.) Valladolid, España: Argumentum.

Rotondaro, R. (16 de Noviembre de 2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. *Apuntes*, 20(2), 342-382.

Tecnológico, C. d. (25 de Julio de 2012). *Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Ensayo de Plasticidad*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de Ensayo de plasticidad: <https://www.youtube.com/watch?v=itg9N-R5xSI&t=14s>

Tecnológico, C. d. (29 de Julio de 2012). *Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT) - Retracción de secado*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de Retraccion por Secado: [https://www.youtube.com/watch?v=o1wjn8\\_vkY](https://www.youtube.com/watch?v=o1wjn8_vkY)

Torrez Ramirez , J. E., & et all. (Diciembre de 2016). Calculo del deficit de vivienda a partir de la gran encuesta integrada de hogares. *Revista ib*, 5(1), 174-192.

Uribe Kaffure, C., & et al. (15 de Noviembre de 2014). Caracterización de unidades. *Apuntes*, 28(1), 24-39.

Zetter Echanove, I., & et all. (Febrero de 2017). Recuperado el 6 de Noviembre de 2017, de <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4562/Proyecto%20Ladrillera.pdf?sequence=3>

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Oswaldo Hurtado Figueroa, Tecnólogo en Construcción, 6 años de experiencia como instructor de construcción obras civiles y construcción en guadua del centro C.I.E.S del SENA de la Regional Norte de Santander, líder del semillero de investigación de Biomateriales SIBIO vinculado al grupo de investigación GINDET perteneciente al mismo centro, vinculado al grupo de investigación GITOC de la Universidad Francisco de Paula Santander con sede en el Ciudad de Cúcuta.

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez, Ingeniero Civil, Especialista en Alta Gerencia, Especialista Tecnológico en Gestión Ambiental, Magister en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos, Director del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Cúcuta, Director del grupo de investigación de GITOC de la misma Universidad, con más de 10 años como formulador y director de proyectos.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN: 2590-5481

# OBTENCIÓN DE SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES A PARTIR DE RESIDUOS DE NARANJA (*CITRUS SINENSIS*) VARIEDAD VALENCIA.

OBTAINING INDUSTRIAL SUB-PRODUCTS  
FROM ORANGE WASTES (*CITRUS SINENSIS*)  
VARIETY VALENCIA.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# OBTENCIÓN DE SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES A PARTIR DE RESIDUOS DE NARANJA (*CITRUS SINENSIS*) VARIEDAD VALENCIA.

## OBTAINING INDUSTRIAL SUB-PRODUCTS FROM ORANGE WASTES (*CITRUS SINENSIS*) VARIETY VALENCIA.

Ives Vallecía Gravina  
Benjamín Fernández Montenegro  
Marco Tulio Rico Herrera  
Angie Castaño Quintero

Programa: Tecnólogo en Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Industria

### RESUMEN

Actualmente, el desarrollo agroindustrial ha llevado a una alta generación de residuos orgánicos los cuales se han convertido en un gran problema tanto ambiental como económico, por los altos costos para la disposición de éstos. En el caso de la producción cítrica, la naranja es destinada exclusivamente al mercado en fresco, dejando como residuos sus semillas, albedo y cáscaras; éstas últimas generan un alto impacto ambiental ya que su descomposición es muy lenta debido a su estructura química. Una alternativa viable para disminuir este impacto ambiental es convertirlas en materia prima para producción de energía como biocombustible de segunda generación. El biocombustible con este proceso puede contribuir a la disminución de la dependencia de productos de origen fósil, además, de que se convierte en una solución al tratamiento de los residuos orgánicos agroindustriales.

El objetivo del presente trabajo es obtener subproductos industriales a partir de residuos de naranja (*Citrus sinensis*). Uno de los métodos para obtener etanol de la biomasa residual es el tratamiento por hidrólisis, proceso químico que cuenta con varias fases. Primero la biomasa obtenida pasa por un pretratamiento físico de reducción de tamaño, y se somete a destilación por arrastre de vapor, para extraer el aceite esencial que contiene. La remoción de lignina se realiza con hidróxido de sodio al 0.1 N y sulfato de calcio. La hidrólisis ácida se lleva a cabo con ácido sulfúrico al 5% para obtener el jarabe glucosado. Este líquido es fermentado con *Saccharomyces cerevisiae*. El etanol obtenido fue separado por destilación. Se determinó el contenido de etanol por método de picnometría. El rendimiento de aceite esencial  $0,39 \% \frac{v}{m}$ , de cáscara de naranja, simultáneamente el alcohol obtenido fue de  $2,39 \% \frac{v}{m}$ .

**Palabras clave:** subproductos industriales, etanol, aceite esencial, hidrólisis.

## ABSTRACT

Currently, agroindustrial development has led to a high generation of organic waste, which has become a major problem, both environmental and economic, due to the high costs of disposal. <sup>(1)</sup> In the case of citrus production, the orange is intended solely for the fresh market, leaving residues as seeds, albedo and shells; these last generate a high environmental impact since its decomposition is very slow due to its chemical structure. A viable alternative to reduce this environmental impact is to convert them into raw material for energy production as a second generation biofuel. Biofuel with this process can contribute to the decrease of the dependence of products of fossil origin, in addition, that it becomes a solution to the treatment of agroindustrial organic waste.

The objective of this study is to obtain industrial by-products from residues of the orange (*Citrus sinensis*). One of the methods to obtain ethanol from the residual biomass is the treatment by hydrolysis, a chemical process that has several phases. First the biomass obtained undergoes a physical pretreatment of size reduction, and it's subjected to steam distillation to extract the essential oil it contains. Removal of lignin is done with 0.1 N sodium hydroxide and calcium sulfate. The acid hydrolysis is carried out with 5% sulfuric acid to obtain the glucose syrup. This liquid is fermented with *Saccharomyces cerevisiae*. The ethanol obtained was distilled off. The ethanol content was determined by the psychometry method. The yield of 0.39% v / m essential oil, orange peel, simultaneously the alcohol obtained was 2.39% v / m.

**Key words:** industrial by-products, ethanol, essential oil, hydrolysis.

## INTRODUCCION

Dado el incremento de los residuos sólidos a nivel mundial, el presente trabajo surge como un reto de aportar un grano de arena a esta creciente tendencia que propicia el manejo inadecuado de grandes volúmenes de residuos sólidos en los municipios y grandes ciudades, siendo en su mayoría, restos de residuos orgánicos lo que ocupan un mayor volumen en su producción.

Se ha centrado el presente en la obtención de subproductos a obtenerse a partir de los residuos agroindustriales de la naranja variedad Valencia por su amplia difusión en los mercados globales.

Hasta la presente los resultados obtenidos nos permiten la obtención de dos subproductos simultáneos en un proceso, el aceite esencial y el alcohol, ambos con un mercado económico de conocidas connotaciones. Se pretende, además, continuar el presente trabajo con la inclusión de un tercer subproducto (pectinas) procurando tres subproductos de un mismo residuo y proceso.

Los resultados obtenidos nos motivan a seguir investigando, ya que auguran nuevas alternativas económicas para la agroindustria y en el mejor aprovechamiento de los recursos.

## **FUNDAMENTO TEORICO**

La naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L]) es la variedad de naranja dulce más cultivada en las regiones cítricas del mundo al igual que en Colombia. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2016), durante el año 2015 en Colombia se contaba con 44.420 hectáreas sembradas en naranja, de las cuales se encontraban en producción 32.610 hectáreas, de las que se cosecharon 497.226 toneladas de la fruta, con rendimientos promedios de 15,2 toneladas por hectárea al año; siendo el departamento de Antioquia el principal productor con 271.637 toneladas, seguido por los departamentos de Quindío, Valle del Cauca y Meta, entre otros.

Actualmente el desarrollo agroindustrial ha llevado al acopio y transformación de grandes cantidades de productos agrícolas, permitiendo la obtención de nuevos productos de consumo y así mismo una alta generación de residuos orgánicos los cuales se han convertido en un gran problema, tanto ambiental como económico, ya que las mismas organizaciones tienen que asumir altos costos para la disposición de éstos.

En el caso de la producción cítrica, la naranja es destinada al mercado en fresco y a la obtención del jugo, dejando como residuos sus semillas, albedo y cáscaras; éstas últimas generan un alto impacto ambiental ya que su descomposición es muy lenta debido a los componentes de su estructura química.

Es objeto de este trabajo, generar alternativas para el mejor aprovechamiento de estos residuos y contribuir a la reducción del impacto ambiental en nuestro planeta.

## **METODOLOGIA**

**Obtención de aceite esencial:** La extracción del aceite esencial se llevó a cabo en un equipo de destilación armado en el laboratorio de biotecnología del SENA, Gaira. Para ello se pesaron 448 g de cáscaras a las cuáles se le hizo una reducción de tamaño manualmente para que el vapor tuviera un área de mayor contacto con los aceites. El proceso tuvo una duración de 110 min.

**Deslignificación:** Después de la destilación del aceite esencial, en una estufa de secado se colocó el material durante 8 h a 105 °C. Luego se sumergió en 2 L de NaOH al 0.1 N. Pasados 15 minutos se le adicionó 34.3g de CaSO<sub>4</sub> y se dejó en reposo por 42 h en un erlenmeyer de 2L con salida lateral. Pasado este tiempo se filtró el material sólido con un lienzo y se descartó la lignina.

**Hidrólisis Ácida:** Se utilizó 600 ml ácido sulfúrico al 5% para sumergir el material sólido y se sometió en plancha de calentamiento durante 2 h, y se dejó en reposo por 69 h.

**Fermentación:** Luego de la hidrólisis el pH inicial de la solución fue de 0,4 y se ajustó con 125 ml de NaOH al 5N obteniendo como pH final 4,7.

El volumen del jarabe glucosado obtenido fue de 800 ml y como nutriente se utilizó 1,5 g de fosfato de amonio.

Para controlar la propagación de bacterias se utilizó 0,0016 g de ampicilina y se inoculó con 0,6 g de levadura seca.

El °Brix inicial del jarabe glucosado fue de 9, y pasadas 69 h de fermentación, el °Brix final fue de 8.

Destilación: En una probeta de 100 ml se tomó una muestra del jarabe fermentado de 80 ml. Se llevó a un erlenmeyer de 250 ml con perlas de calentamiento a 98°C (destilación simple) hasta destilar 40 ml.

Para medir el grado de alcohol de la sustancia destilada se completa 80 ml con los 40 ml destilados y 40 ml de agua desionizada. Se determinó el grado de alcohol por método de picnometría.

## RESULTADOS

El rendimiento del aceite esencial fue de  $0.39 \% \frac{v}{m}$  de materia prima fresca. Para la producción de 1 L de aceite esencial se necesitan 263 kg de cáscara de naranja fresca.

El rendimiento del etanol fue de  $2.39 \% \frac{v}{m}$  de materia prima fresca. Para la producción de 1 L de etanol se necesitan 41.8 Kg de cáscara de naranja fresca.

## CONCLUSIÓN

El aceite esencial de la naranja tiene propiedades antimicóticas lo cual inhibe el trabajo de la levadura en el proceso de obtención de etanol. Durante el desarrollo del presente nos vimos en la necesidad de extraer primero el aceite esencial de la cáscara debido a que inhibía el desarrollo y metabolismo de la *Saccharomyces cerevisiae*, razón por la cual se incorporó su extracción como parte del proceso. Esto conlleva a que el tiempo invertido en las hidrólisis puede disminuir obteniendo los mismos resultados, si antes se le extrae el aceite esencial. Los rendimientos obtenidos son prometedores, toda vez que el residuo se obtiene a muy bajo costo, partiendo de materia prima que no compite con temas de seguridad alimentaria.

## REFERENCIAS

Sandra Milena Y. Liliana Johana M. Fernando O. (2008). Valorización de residuos agroindustriales –frutas- en Medellín y el sur del valle Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín, 61 (1),

<https://www.recytrans.com/blog/cuanto-tardan-en-degradarse-los-residuos/>

<https://www.youtube.com/watch?v=rgKce06Tslw>

Alejandro José P. Alfonso Andrés R. (2014). DISEÑO DE UN BIOREACTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS A ESCALA DE LABORATORIO. Tesis en pregrado de ingeniería mecánica, Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla.

DANE (2016). El cultivo de la naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) y su producción como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizantes y al efecto de la polinización dirigida con abeja *Apis mellifera*. Revista, Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. 52, 1.

Leydi P. Candelaria T. Ángel V. Mario R. Carlos R. Daniela L, Wilfrido M. Natali M, Wilfrido T. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de piña y naranja. Revista, Educación en Ingeniería.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Ives Vallecía Gravina: Tecnólogo en Sistemas de Gestión Ambiental, Licenciado en Ciencias Naturales, especialista en Ciencias Ambientales. Instructor SENA perteneciente a los programas ambientales y agroindustriales del Centro Acuícola y Agroindustrial de Gaira. Líder del semillero de investigación "AMBIOTECA SENA", liderando proyectos en las líneas ambientales, biotecnología industrial, agrícolas y agroindustriales. Con excelentes relaciones interpersonales y habilidad para trabajar en equipo. Con alto grado de responsabilidad y liderazgo.

Marco Tulio Rico Herrera: Tecnólogo en procesos biotecnológicos aplicados a la industria, capacitado para la producción de alimentos fermentables, análisis físicoquímicos y microbiológicos en alimentos, aguas y suelos; implementación de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales y recuperación de suelos degradados. Miembro del semillero de investigación Ambioteca SENA, liderando proyectos que ayudan a minimizar la problemática presentada en el manejo de los desechos orgánicos, producción de acondicionadores de suelos, biofertilizante líquidos y sólidos, y bioplaguicidas.

Me considero una persona respetuosa, solidaria, apasionada, comprometida, creativa, propositiva y responsable en mis actividades desempeñadas.

Angie Castaño Quintero: Tecnóloga en procesos biotecnológicos aplicados a la industria, con excelentes relaciones interpersonales y habilidad para trabajar en equipo. Con alto grado de Responsabilidad y liderazgo. Capacitada para la producción de alimentos fermentables, obtención de alcohol industrial, análisis físicoquímicos y microbiológicos en alimentos, aguas y suelos, implementación de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales y recuperación de suelos degradados. Miembro del semillero de investigación "Ambioteca SENA", liderando proyectos que ayudan a minimizar la problemática presentada en el manejo de los desechos orgánicos, producción de acondicionadores de suelos tales como: biofertilizante líquidos y sólidos y bioplaguicidas.





3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# APLICACIÓN DE MAPAS TECNOLÓGICOS PARA EL APOYO EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

APPLICATION OF TECHNOLOGICAL ROADMAPS  
FOR THE SUPPORT IN THE SELECTION OF  
RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **APLICACIÓN DE MAPAS TECNOLÓGICOS PARA EL APOYO EN LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES**

## **APPLICATION OF TECHNOLOGICAL ROADMAPS FOR THE SUPPORT IN THE SELECTION OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES**

Renzo de Jesús Barrios Pájaro,  
Raúl José Martelo Gómez,  
David Franco Borre,  
Universidad de Cartagena

### **RESUMEN**

Los combustibles fósiles son la principal fuente de energía eléctrica de los países, siendo uno de los factores contaminantes al deterioro del medio ambiente. Por ello, los diferentes tipos de generación de energías limpias han aumentado su uso en la última década y son más accesibles a través del uso de aplicativo software de planeación, organización y consultas tecnológicas que permiten su elección, con el fin de contribuir en crecimiento económico sostenible a comunidades que requieran uso de energía eléctrica. El objetivo de la investigación fue identificar la futura adopción tecnológica de un tipo de energía limpia por medio de la aplicación de Mapas Tecnológicos. El tipo de investigación es cualitativa, porque se observaron las características de las tecnologías de cada tipo de energía renovable para su selección. Los resultados visualizados reflejaron los métodos y/o procesos actuales que se manejan en cada tipo de energía según la tecnología idónea para su aplicación en el contexto deseado.

**Palabras clave:** Energías Limpias, Energías Renovables, Energías Sostenibles, Mapas Tecnológicos, Prospectiva, Energías Alternativas.

### **ABSTRACT**

Fossil fuels are the main source of electricity in countries, one of the polluting factors is the deterioration of the environment. For this reason, different types of energy generation can be used in the last decade and are more accessible through the use of software applications planning, organization and technological consultations that allow their choice, in order to contribute to economic growth communities that require the use of electric energy. The objective of the research was to identify the future technological adoption of a clean energy type through the application of Technology Maps. The type of research is qualitative, because the characteristics of the technologies of each type of renewable energy were observed for their selection. The results showed the current methods and / or

processes that are managed in each type of energy according to the technology suitable for its application in the desired context.

**Keywords:** Clean Energies, Renewable Energies, Sustainable Energies, Technological Roadmaps, Foresight, Alternative Energies.

## INTRODUCCION

La generación de la energía eléctrica en la humanidad es fundamental para el constante avance tecnológico, económico y bienestar social de la sociedad. Durante años ha aumentado la demanda energética en el proceso, pero se ha visto afectado el medio ambiente debido a que el 80% de la producción energética proviene de la utilización de energías contaminantes provenientes de combustibles fósiles. El medio ambiente no podrá sostenerse a largo plazo si la fuente de energía eléctrica dependiera de los combustibles fósiles, es por ello que una solución a esta problemática es adoptar las energías renovables o limpias (Alkirabi, 2014).

Las energías renovables, alternas o limpias son aquellas que se generan a través de recursos naturales del planeta, no producen contaminación al medio ambiente y no utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento. Los recursos naturales de dichas energías son infinitos y son abundantes en el planeta, por lo cual ofrecería un reemplazo a las energías contaminantes (Anctil, Sharp, & sener, 2017).

Los combustibles fósiles cuentan con recursos limitados por ello se debe abandonar la dependencia a esta modalidad energética. Cada año el ser humano produce aproximadamente 8 billones de toneladas desperdicios de combustibles fósiles, lo cual ha causado un daño al medio ambiente, además, lo finito del recurso afecta diversos problemas sociales y económicos como: la variabilidad del precio del petróleo, empresas extranjeras que venden energía y la deforestación o sequía en zonas de explotación petrolífera, esta última problemática ha creado muchas dificultades al ciclo ecológico debido a la dependencia a las energías contaminantes (Alkirabi, 2014).

Por lo anterior, los sistemas alternativos de generación de energías limpias han tomado importancia en la última década, a tal punto que la utilización de esta se ha incrementado un 3% de forma anual con respecto a la energía fósil de acuerdo a la Agencia Internacional de la Energía, permitiendo que se mantenga en constante cuidado el medio ambiente para seguir aprovechando sus beneficios (Apergis & Payne, Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries, 2010).

Las tecnologías de energías renovables están en investigación, sus innovaciones mantienen accesible su aplicación en diferentes condiciones económicas y ambientales, como lo demuestran las energías limpias mareomotriz y undimotriz, que se encargan de recolectar energía de las corrientes marinas y las olas del mar respectivamente (Langhamer, Haikonen, & Sundberg, 2009). Los tipos de energía renovable ofrecen opciones de implementación en los sitios geográficos del planeta, como en áreas rurales con poco desarrollo económico, estructural y vial, lo cual permite el desarrollo de la sociedad. Estos avances al ser recientes o estar limitados a ciertos territorios no se han

extendido a lo largo de los países, por el cual la falta de conocimiento de las características y tecnologías de las energías limpias han sido motivo de mala planificación para las decisiones de los gobiernos en la selección de opciones de energía que favorezcan a la región (Cherni et al., 2007).

Actualmente, el conocimiento de la generación de energías renovables es limitado debido a que no se conoce acerca de nuevas tecnologías que sobresalgan o emerjan en la sociedad, que permitan identificar un tipo de energía limpia para su selección, realizar planeaciones a largo plazo en proyectos ambientales y aumentar el fortalecimiento energético en el país. Debido a esto, se ha motivado a crear aplicativo software de planeación en proyectos energéticos renovables, que permitan conocer nuevas tecnologías para implementarlas. Entre los softwares de planeación están Macbeth, AHP, ELECTRE, PROMETHEE (Ertay, Kahraman, & Kaya, 2013), HOMER, HYBRYD 2, IHOGA, INSEL (Chandel & Sinha, 2014). Para la investigación de tecnologías está la técnica Mapas tecnológicos, la cual es una herramienta encargada de realizar búsquedas de las líneas tecnológicas en un tema científico, para ofrecer una visión panorámica de las tecnologías existentes en el mercado; poseer opciones de elección y escoger la adecuada a sus necesidades (Pretorius, Letaba, & Pretorius, 2015).

Mapas tecnológicos es una técnica de planificación estratégica encargada de establecer búsquedas de tecnología y es utilizada en diversos campos de la ciencia. En el sector de las energías renovables se han establecido pautas para la creación de la técnica y han sido utilizados para investigaciones como seguridad energética, formulación de políticas, protección del medio ambiente, evaluación de limitaciones y riesgos (Amer & Daim, 2010). Además, tiene aplicaciones específicas como: Mapa Tecnológico para las energías de viento en el noroeste pacífico (Amer, Brenden, & Daim, 2012), aplicación en ciudades europeas para proveer de información y conocimiento acerca de cómo implementar energías renovables de forma innovadora (Masseck, Ouden, & Valkenburg, 2017), y Mapas Tecnológicos para la predicción y reducción de costos y el potencial de crecimiento de energías renovables en Estados Unidos (Cowan & Daim, 2009). Esta herramienta tiene una aplicabilidad en ramas las energías limpias, lo cual promueve el desarrollo económico, energético y ecológico en las regiones donde se necesite su utilización y se les dificulte llevar el cableado eléctrico de las plantas de energías no convencionales (Cherni et al., 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación es utilizar la técnica Mapas Tecnológicos para la consulta de tecnologías de diferentes tipos de energías renovables, con la finalidad de que un experto en medio ambiente utilice la información obtenida para el soporte de un proyecto ambiental que desee realizar.

## **FUNDAMENTO TEORICO**

Energías Renovables: La energía renovable se refiere al uso de fuentes naturales para generar un suministro energético constante que sea poco contaminante. Siendo ésta influenciada por la naturaleza, es dependiente de la disponibilidad de sus recursos, lo cual es abundante en cualquier parte del planeta y sostenible por si sola (Jianyu et al., 2017).

Entre los tipos de energía renovable está: Energía eólica que aprovecha la velocidad del viento, Energía hidroeléctrica utiliza el movimiento del agua en represas, Energía geotérmica que utiliza el nivel calorífico de la tierra, Energía de biomasa encargada de reutilizar compuestos o desechos para generar energía. Por último, están las energías de las olas y energía de corrientes marinas que aprovechan el movimiento de las mismas (Kara, 2015).

Energías fósiles/no convencionales: Las fuentes de energías fósiles son aquellas que fueron formadas hace millones de años a partir de restos orgánicos de plantas y animales, estas producen contaminación al realizar el proceso de obtención energética, debido a que emiten dióxido de carbono, nitrógeno, metano, entre otros gases perjudiciales que generan el efecto de invernadero en la atmosfera. Los combustibles fósiles extraídos de la tierra son el petróleo, carbón, gas natural y gas licuado de petróleo, estos aportan altas cantidades de energía térmica y eléctrica, pero sus reservas son limitadas a mediano y largo plazo, el cual lo convierte en un recurso limitado en el planeta (Apergis & Payne, 2012).

Prospectiva: La prospectiva es una disciplina que permite visualizar, anticipar, evitar y construir futuros, con base en lo que sucedió y lo que transcurre (Aceituno, 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, la prospectiva se clasifica en descriptiva, interpretativa y clásica, donde la primera indica que se pueden conocer aspectos que generan el acontecimiento de un hecho futuro; con el segundo tipo se desea reducir el factor sorpresa en ocurrencias futuras, mediante optimización en la toma de decisiones basadas en el pronóstico de posibles futuros, y el último tipo indica que el proceso de la prospectiva debe hacerse de manera crítica debido a que en el presente, lo común probablemente no lo sea en un futuro (Ortiz, 2013).

La prospectiva se divide en cinco fases que son: pre-prospectiva, reclutamiento, generación, acción y renovación. Cada fase utiliza métodos que aportan un resultado para completar el proceso de construcción de futuros, y estos se clasifican en cuantitativos y cualitativos, la primera es la utilización de técnicas estadísticas y principios matemáticos para trabajar datos, números, porcentajes, juicios de valor o conocimiento tácito. La segunda se refiere al análisis de actitudes, aspectos culturales, percepciones, relaciones y estimaciones para la información no numérica (Popper, 2006).

Mapas tecnológicos: Es un método cualitativo que consiste en la búsqueda de tecnologías o productos en un sector específico, a través de bases de datos científicas para la planeación estratégica, analítica, y evaluativa de posibles tecnologías, que podrían ser utilizadas por empresas para el crecimiento de su negocio. Es utilizada en procesos industriales y grandes empresas de diversos sectores como las telecomunicaciones, medicina, el petróleo, entre otras. Además, se utiliza para estimar el impacto que pueden generar tecnologías y mercados en empresas con el objetivo de crear estrategias de investigación de tecnologías que tengan viabilidad en el futuro (Phaal, Farrukh, & Probert, 2004).

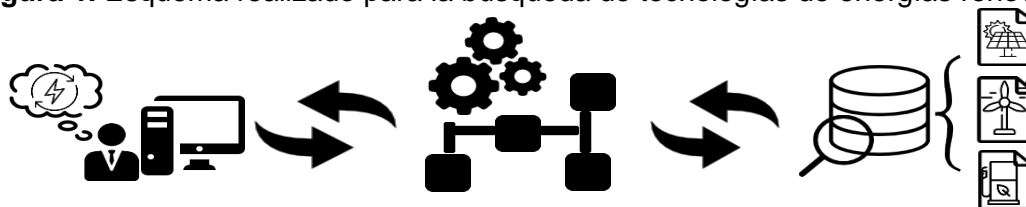
## METODOLOGIA

La investigación desarrollada fue de tipo cualitativa porque no se manejaron métodos matemáticos o estadísticos para la examinación de datos además de solo conceptos e información de las energías renovables, con diseño de investigación en la teoría fundamentada el cual su objeto de estudio se describió en procesos, acciones e interacciones entre individuos y conceptos que hallaron resultados para una población o individuo (Batista, Fernández, & Hernández, 2014).

**Análisis de datos:** Las estrategias de análisis de datos fueron de forma selectiva. Se establecieron los parámetros de búsqueda para las tecnologías de energías renovables con su respectiva clasificación, los cuales fueron ingresados a la herramienta de Mapas Tecnológicos, con el propósito de obtener un listado de opciones que permitan al investigador elegir la tecnología idónea para su caso particular.

**Modelo conceptual planteado:** Se realizó un modelo conceptual donde se establecieron etapas que definen los procesos de búsqueda de tecnologías de energías renovables a través de Mapas Tecnológicos como se observa en la Figura 1.

**Figura 1.** Esquema realizado para la búsqueda de tecnologías de energías renovables



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El modelo realizado se describe en las siguientes etapas:

**Preparación de criterios de búsquedas:** El investigador o experto establece una lista de las tecnologías con el objetivo de determinar los parámetros de búsqueda en la herramienta Mapas Tecnológicos.

**Búsqueda de tecnologías:** El investigador accede a la plataforma SoftProsp (Martelo, Moncaris, & Vélez, 2016) e ingresa los parámetros establecidos en la etapa anterior para empezar su búsqueda.

**Selección de tecnologías:** Mapas Tecnológicos se encarga de buscar en sus bases de datos de repositorio de artículos científicos las tecnologías emergentes y frecuentemente utilizadas, en este caso, enfocándose a las energías renovables que cumplan con el criterio de búsqueda, recolectando artículos, revistas y publicaciones donde se encuentre los términos de la investigación que el experto requiera de acuerdo con sus necesidades.

Los resultados de la búsqueda visualizaran el nombre del producto o tecnología, tecnologías relacionadas, plataforma y el año de publicación. Estas búsquedas deben realizarse preferiblemente en inglés debido a que el repositorio de artículos científicos es estadounidense y su mayoría de artículos son redactados en dicho idioma.

## RESULTADOS

Se establecieron los resultados de acuerdo con el modelo planteado, lo cual produjo los siguientes resultados:

Preparación de parámetros de búsqueda: El experto define las tecnologías requeridas para su implementación en el proyecto ambiental, donde se detallaron sus características relevantes y definir con ello los parámetros de búsqueda para Mapas tecnológicos.

**Tabla 1.** Lista para los parámetros de búsqueda

Tipo de energía renovable	Característica principal a tener en cuenta	Parámetros de búsqueda de tecnología
Eólica/viento	Facilidad de movimiento del motor	Rotor de turbina
Undimotriz	Alta generación de energía	Turbina de vapor
Solar	Celdas con bastante almacenamiento	Baterías de carga

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Búsqueda de tecnologías: Los parámetros establecidos de las tecnologías de energías renovables se ingresaron en el cuadro de búsqueda de Mapas tecnológicos, además se definieron otras variables que sesgaron la consulta para la obtención de los resultados deseados, para conocer las tendencias actuales en el mercado. En la Figura 2, se muestra la introducción de parámetros acerca de las turbinas de presión que se utilizan en la energía undimotriz, entre los años 2014 y 2017:

**Figura 2.** Introducción de los parámetros de búsqueda

Busqueda de Tecnologías y/o productos

Parámetros de búsqueda

Nombre de Productos - Tecnologías: Steam turbine technologies

Se buscarán:  Productos  Tecnologías  Productos y Tecnologías

Tecnologías relacionadas: steam, turbines, generators, pressure generator

Plataformas (Opcional): Plataformas

Fechas desde: 2014

Hasta: 2017

Buscar Limpiar Info

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Al terminar de introducir los datos, se procedió a buscarlos en la herramienta Mapas Tecnológicos, la cual produjo dos tablas con el mapa tecnológico de la tecnología consultada, dividido en planificación del producto y evolución del producto. La primera mostró aspectos del producto consultado como: modelos disponibles con fecha de salida al mercado, su referencia y tecnología de la cual procede a través de los años. Y la segunda

presentó características del producto y la necesidad que cubre en el mercado al tener una nueva versión. Esto se puede evidenciar en la Figura 3 y Figura 4.

**Figura 3. Mapa Tecnológico de la planificación del producto**

Mapa Tecnológico de la planificación de productos				
	Año			
Nombre	2014	2015	2016	2017
steam turbine technology	(A1) Steam Turbine STF-D737 600°C 7.000 MW 0.35 bar  (A2) Turbine STF-A380 650°C 5.900 MW 0.32 bar	(A1) Steam Turbine STF-D790 660°C 7.400 MW 0.36 bar  (A2->B2) backpressure Turbine 540°C MS-32 6.900 MW 0.25 bar	(A1) Steam Turbine STF-D850 700°C 7.900 MW 0.33 bar  (B2->C2) Modular Arrangement: Concept Steam Generator MARC-2 480°C 4.900 MW 65 bar  (A2-) single stage steam turbine H-133 450°C 6.000 MW 45.0 bar	(A2->B2->C2) Smart Generator Turbine HOTL183 500°C 7.300 MW 0.60 bar  (C2) MARC-6 GK10 560°C 8.000 MW 0.50 bar  (A2-) Turbine STF-A650LE 790°C 7.000 MW 0.43 bar

Cambiar Fechas

Fechas desde:

Hasta:

Cambiar

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 4. Mapa Tecnológico de la evolución del producto**

Mapa Tecnológico de la Evolucion de producto				
	Año			
Nombre	2014	2015	2016	2017
Proposito del producto	Sliding pressure mode Hybrid mode with or without overload valve	With turbine exhaust pressure a vacuum, the condensing multistage turbine is a high-efficiency, high output model capable of fully converting the thermal energy of steam to velocity, without loss.	high-output, high-speed HO Series, SNM's standard small single stage horizontal turbines for general use	non-reheat platform provides cogeneration of power steam in an flexible and compact design to deliver high efficiency and process steam supply.
Evolucion en el mercado	Fixed pressure mode, durable inlet conditions up to 650°C	New industry standars such as API 611, NEMA SM-23 & SM24	Used in power plants to generate electric power. H, HO, and V Series turbines may be customized to conform to API 612 standar	intelligent alternative for reliable, efficient and cost-effective on-site power generation. Our custom-designed STG sets support commercial energy requirements for continuous or standby power including renewable energy applications and green energy initiatives. imagenes y graficos mas estables

Cambiar Fechas

Fechas desde:

Hasta:

Cambiar

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Selección de tecnologías y/o productos: Luego de observar el Mapa Tecnológico de las tecnologías de energías renovables, el experto procedió a analizar la información suministrada por la herramienta para evaluar cuál fue la adecuada a utilizar en su proyecto ambiental. La selección de la tecnología fue determinada por el experto de acuerdo a sus capacidades y necesidades.

Los Mapas Tecnológicos se han aplicado en diversas áreas e investigaciones de la misma energía renovable, a niveles nacionales está la formulación de políticas energéticas (Apergis & Payne, 2010), seguridad energética (Aized, Ali Bhatti, Anandarajah, Shahid, & Saleem, 2017) y protección del medio ambiente (Yang & Zhang, 214). A niveles industriales



o sectoriales es utilizado para identificar necesidades y evaluar barreras restrictivas a lo que se enfrenta la empresa (Amer & Daim, 2010). Pero el Mapa Tecnológico de la plataforma SoftProsp (Martelo et al., 2016) cuenta con la ventaja que busca todo tipo de información relacionada con la energía renovable para ampliar su campo de acción, independientemente del tipo de base de datos al que se encuentre enfocado a un tema en específico, para brindar mayor cobertura de resultados y ofrecer una herramienta única para el beneficio de los investigadores expertos en energías alternativas.

## CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos, se pueden anunciar las siguientes CONCLUSIÓN: 1) La aplicación de esta técnica ayuda a proyectos de energía renovable para la selección de tecnologías; 2) Mapas tecnológicos proporciona un listado de tecnologías de energías renovables que permite ver su evolución, con el fin de conocer los aspectos en los cuales ha mejorado y soportar la selección que se desee realizar; 3) Simplifica el proceso de investigación de nuevas tecnologías que faciliten la producción de energías renovables; 4) Las consultas de tecnologías referentes a este ámbito permite conocer las tendencias actuales del mercado. 5) Seleccionar las tecnologías idóneas para un proyecto particular proporciona mayor efectividad en la producción de energías renovables.

## REFERENCIAS

- Aceituno, P. (2013). *Prospectiva y partidos políticos escenarios para los próximos 15 años en Chile*. Santiago de Chile: RIL Editores.
- Aized, T., Ali Bhatti, A., Anandarajah, G., Shahid, M., & Saleem, M. (2017). Energy security and renewable energy policy analysis of Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.254>
- Alkirabi, N. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy*, 2(1), 61-64.
- Amer, M., & Daim, T. (2010). application of technology roadmaps for renewable energy sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1355-1370. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.002>.
- Amer, M., Brenden, R., & Daim, T. (2012). Technology Roadmapping for wind energy: case of the Pacific Northwest. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 27-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.025>.
- Apergis, N., & Payne, J. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 656-660.
- Apergis, N., & Payne, J. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 733-738. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>.

- Aslan, A., & Destek, M. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 3, 757-763. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.008>.
- Batista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio* (sexta ed.). México D.F: Mc Graw Hill.
- Chandel, S., & Sinha, S. (2014). Review of software tools for hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 192-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.035>.
- Cherni, J., Dyner, I., Henao, F., Jaramillo, P., Smith, R., & Olalde, R. (2007). Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system. *Energy Policy*, 1493-1504.
- Cowan, K., & Daim, T. (2009). Comparative technological road-mapping for renewable energy. *Technology in Society*, 31(4), 333-341. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2009.10.003>.
- Ertay, T., Kahraman, C., & Kaya, I. (2013). Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(1), 38-62.
- Jianyu, Z., Jie, Z., Quan, C., Sang-Bing, T., Youzhi, X., Yubin, L., & Weiwei, D. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1169-1178. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.001>.
- Kara, F. (2015). Use of the Drawing-Writing Technique to Determine the Level of. *Journal of Education and Practice*, 6(19), 2222-1735.
- Kothari, C. (2004). *Research methodology - methods & techniques*. Jaipur, India: New Age International.
- Langhamer, O., Haikonen, K., & Sundberg, J. (2009). Wave power—sustainable energy or environmentally costly? A review with special emphasis on linear wave energy converters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1329–1335.
- Martelo, R., Moncaris, L., & Vélez, L. (2016). Integración del Ábaco de Régnier, Encuestas y Lluvia de Ideas en la Definición de Variables Claves en Estudios Prospectivos. *Infiracion tecnologica*, 243-250. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000500025>
- Masseck, T., Ouden, E., & Valkenburg, R. (2017). Roadmaps for Energy (R4E): A Systemic Approach to the Renewable Energy Transition of Smart Communities. *nergy Procedia*, 115, 390-396. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.036>.
- Ortiz, E. (2013). *Análisis del entorno y prospectiva*. Instituto Mediterráneo Publicaciones.

- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2004). Technology roadmapping—a planning framework for evolution and revolution. *Technological forecasting and social change*, 71(1), 5-26. doi:[https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(03\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6)
- Popper, R. (2006). *El proceso prospectivo: prácticas y métodos, Sinergia entre la prospectiva Tecnológica y la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva*. Bogotá: Colciencias.
- Pretorius, M., Letaba, P., & Pretorius, L. (2015). Analysis of the Intellectual Structure and Evolution of Technology Roadmapping Literature. *Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2248-2254.
- Yang, T., & Zhang, L.-b. (2014). The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China. *Energy Procedia*, 61, 2554-2557. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.044>.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Renzo de Jesús Barrios Pájaro, estudiante de Ingeniería de Sistemas, investigador del grupo de investigación Gimatica- INGESINFO, Universidad de Cartagena.

Raúl José Martelo Gómez, Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática, docente del Grupo de Investigación Gimatica- INGESINFO, docente Universitario de 15 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.

David Franco Bórre, Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación, docente investigador Grupo Gimatica. Docente universitario de 17 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

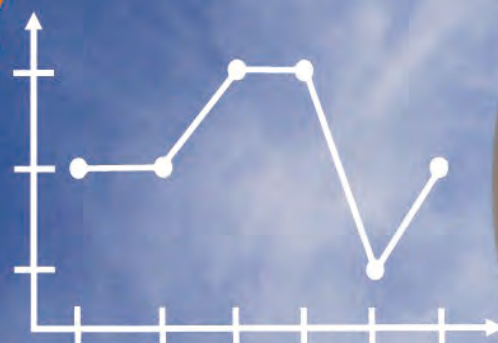
ISSN 2590-5481

# CARACTERIZACIÓN DE SIMULADORES PARA MEDIR LA POTENCIA EN RECURSOS EÓLICOS

CHARACTERIZATION OF SIMULATORS TO  
MEASURE POWER IN WIND RESOURCES



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# CARACTERIZACIÓN DE SIMULADORES PARA MEDIR LA POTENCIA EN RECURSOS EÓLICOS

## CHARACTERIZATION OF SIMULATORS TO MEASURE POWER IN WIND RESOURCES

Raúl José Martelo Gómez,  
Heybertt Moreno Díaz,  
Natividad Villabona Gómez,  
Universidad de Cartagena

### RESUMEN

La demanda de herramientas informáticas que permiten modelar el comportamiento del viento es alta. Debido a que cada vez se requieren más espacios para satisfacer la necesidad de energía eólica y en la mayoría de los casos no se dispone de información precisa del comportamiento del viento en las zonas de instalación potencial. Obtener estos datos directamente con pruebas sobre el terreno puede resultar demasiado costoso y complejo. Por ello los simuladores se vuelven una herramienta útil. El propósito de este tipo de software es estimar la potencia del recurso eólico en una zona determinada y conocer características del viento tales como la aceleración, el ángulo de incidencia, el perfil vertical o la intensidad de turbulencia ambiental. Estos programas se emplean para la prospección del recurso eólico en las ubicaciones donde se desea implementar parques eólicos. El objetivo de la investigación fue determinar la potencia energética en recursos eólicos a través de simuladores informáticos. La investigación realizada es de tipo cualitativa, puesto que se hacen comparaciones entre las potencias producidas por los simuladores de recursos eólicos y especificar la caracterización de equipos necesarios. En los resultados se contempló que los simuladores ayudan a predecir la máxima potencia producida en recursos eólicos, aprovechando el máximo rendimiento energético y disminuyendo en lo posible los impactos ambientales.

**Palabras clave:** Central eólica, aerogenerador, energía renovable, ecología, sostenibilidad.

### ABSTRACT

The demand for computer tools to model wind behavior is high. As more and more space is required to meet the need for wind energy and in most cases accurate information on wind behavior in the potential installation areas is not available. Obtaining this data directly with field trials can prove to be too costly and complex. That is why simulators become a useful tool. The purpose of this type of software is to estimate the power of the wind resource in a given area and to know wind characteristics such as acceleration, angle of

incidence, vertical profile or intensity of environmental turbulence. These programs are used for the exploration of the wind resource in the locations where it is desired to implement wind farms. The objective of the research was to determine the energy power in wind resources through computer simulators. The research carried out is of a qualitative nature, since comparisons are made between the powers produced by the wind resource simulators and the characterization of the necessary equipment. The results showed that the simulators help to predict the maximum power produced in wind resources, taking advantage of the maximum energy efficiency and reducing as much as possible the environmental impacts.

**Keywords:** Wind farm, Wind turbine, renewable energy, ecology, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son aquellas que no se consumen ni agotan en los procesos de transformación y tienen la capacidad de renovarse de forma natural, es decir, son fuentes que pueden hacer de la energía un elemento sustentable, generando impactos ambientales menores que aquellas producidas por las fuentes de energías convencionales (Castells, 2012). Existen varios tipos de energías renovables como: hidráulica, marítima, geotérmica, biomasa, solar y eólica (Tsai et al, 2017).

Entre las Energías renovables, la Energía eólica se ha convertido en la de mayor impacto (Mohod et al, 2011). Esta aprovecha el viento para producir energía a través de aerogeneradores (Marín et al, 2012). Para ello, es necesario tener conocimientos del comportamiento del viento y las variables influyentes, como la velocidad del viento y su dirección (Otero et al, 2016). Obtener estas variables directamente con pruebas sobre el terreno suele ser costoso y complicado. Por esta razón, los simuladores se convierten en un instrumento de utilidad.

Los simuladores eólicos permiten modelar el comportamiento del viento en un determinado lugar y a diferentes alturas y evaluar la potencia del recurso eólico (LabVolt, 2012). Sin embargo, se pueden generar problemas al momento de instalar una central eólica, porque no se tiene en cuenta el modelamiento del viento con exactitud (INIECO, 2011), lo cual puede causar una mala ubicación de la central eléctrica o que los aerogeneradores posicionados no produzcan la potencia que se espera a causa de las irregularidades del terreno o por la interrupción de otros aerogeneradores. Esta mala proyección puede provocar el fracaso de un parque eólico.

Por esta razón, el objetivo de esta investigación es determinar la potencia energética en recursos eólicos a través de simuladores informáticos, mediante la comparación de las potencias generadas por los simuladores y analizando las características de los equipos de recursos eólicos.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

**Energías renovables:** Las energías sostenibles son aquellas que provienen de fuentes naturales como el sol, el viento, las olas, el hidrógeno, entre otras, las cuales se renuevan de forma natural y se pueden utilizar constantemente sin la preocupación de acabamiento, estando presentes y alcanzables por cualquier país (Kara, 2015).

**Energía eólica:** La Energía eólica es una fuente de Energía renovable que aprovecha la fuerza del viento para producir electricidad (Herrera, 2015). Asimismo, es la fuente de mayor aumento en el planeta (Zuluaga et al, 2015). La Energía eólica brinda estabilidad y favorabilidad en la sociedad, lo que provoca el desarrollo de la humanidad y aumenta la oportunidad de empleo, crecimiento financiero y disminución del calentamiento global. Además, esta fuente de energía no produce contaminación en el aire o agua, no incluye elementos dañinos o peligrosos y no presenta una amenaza para el bienestar público (Alrikabi, 2014).

**Parque eólico:** Un Parque eólico es una central eléctrica donde la energía cinética del viento se convierte en energía mecánica, mediante aerogeneradores que aprovechan las corrientes de aires. Para la construcción de una planta eólica, se instala una torre en cuya parte superior contiene un rotor con varias hélices orientadas hacia la dirección del viento que giran en torno a un eje horizontal que actúa sobre un generador de electricidad (Magallon, 2014).

**Aerogeneradores:** Los aerogeneradores, también conocidos como turbinas eólicas, son máquinas que convierten la energía contenida en la fuerza del viento, en energía mecánica (por medio de un rotor), y ésta en energía eléctrica, a través de un generador de electricidad (Viloria, 2013). La función principal de una turbina eólica es generar potencia. Esto depende de la velocidad angular, la intensidad de la componente normal del campo y de los diámetros internos y externos del estator (Granados et al, 2014).

**Simulador eólico:** Un simulador eólico muestra el comportamiento de las turbinas de viento ubicadas en un parque eólico, con el fin de evaluar la potencia generada por el recurso eólico en una zona determinada (LabVolt, 2012). Además, permiten crear panoramas meteorológicos, eléctricos, mecánicos y operacionales, los cuales no podrían ser generados con una turbina de viento real. Por ello, los simuladores de recursos eólicos se convierten en herramientas rentables para las empresas de la energía eólica.

## **METODOLOGÍA**

La investigación realizada fue de tipo cualitativa, puesto que la información consultada fue observada y analizada (Tracy, 2013). Se definieron las características de los simuladores eólicos para establecer sus capacidades respecto a los recursos que consume y realizar comparaciones entre sus variables que permitan determinar la potencia generada en un caso particular.

Como método de recolección de información, se empleó la Revisión documental, con el propósito de consultar y ordenar la información necesaria y llevar a cabo la investigación.

El estudio se fundamentó en la búsqueda y revisión de simuladores eólicos. Seguidamente, se realizaron pruebas para determinar la potencia que generan. Luego se tomaron las potencias generadas por los simuladores, comparando la potencia energética producida por cada uno ellos con recursos eólicos.

## RESULTADOS

Para la obtención de los resultados se tuvieron en cuenta los siguientes simuladores, los cuales se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1: Simuladores eólicos**

<b>SIMULADORES EÓLICOS</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Variables</b>
3M Wind Energy Virtual Lab	Cálculo del rendimiento energético.	Ubicación (colinas, llanuras, mar), longitud de la hélice, altura de la torre, velocidad del viento.
LabView	Cálculo del rendimiento energético.	Velocidad del viento, altura de las hélices, altura de la torre.
WAsP	Cálculo del rendimiento energético, cálculo de la eficiencia, mapeo de recursos eólicos y turbulencia, sitios de terreno complejo, cálculo de las condiciones del viento (velocidad media del viento, cizalladura del viento, turbulencia ambiental, viento extremo e inclinación del flujo del viento).	Altura de la torre, coordenadas longitud, coordenadas latitud, ángulo, velocidad del viento.
WindFarmer	Herramienta de diseño de parque eólico, cálculo de la eficiencia.	Densidad del aire, eficiencia (%), velocidad del viento, diámetro del rotor, Altura de la torre.
Wind Turbine	Cálculo del rendimiento energético.	Diámetro de la hélice, eficiencia (%), velocidad del viento.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para el simulador 3M Wind Energy Virtual Lab, se digitaron los siguientes datos: longitud de las hélices, 45 metros; altura de la turbina, 100 metros; velocidad del viento, 7.5 metros por segundo. Estos datos son iguales para cada simulación realizadas en distintos lugares:



llanuras (diseño 1), colinas (diseño 2) y mar (diseño 3), como se muestra en la Figura 1, con el fin de comparar el lugar de mayor potencia energética.

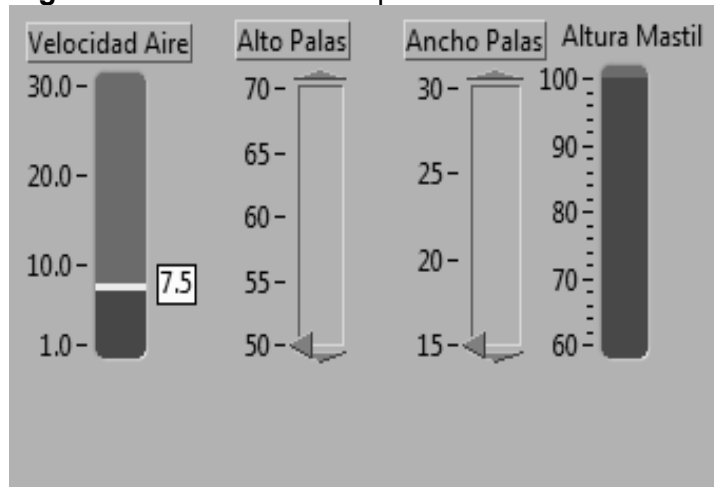
**Figura 1: Datos del simulador 3M Wind Energy Virtual Lab**

INPUTS								OUTPUTS							
	Location	Blade Length	Blade Pitch	Blade Twist	Tip Shape	Airfoil Shape	Turbine Height	3M Material	Watts Produced	Swipe Area	Air Density	Air Velocity	Eff. Factor	Watts/ Unit Cost	Homes Powered
<b>DESIGN 1</b> REVISE	Plains	45m	5°	Yes	Wide	Thin	100m	Resin:No Riblets:No Filler:No WPT:No WPA:No	520404	6362	1.15	7.5	0.34	0.4	347
<b>DESIGN 2</b> REVISE	Hills	45m	5°	Yes	Wide	Thin	100m	Resin:No Riblets:No Filler:No WPT:No WPA:No	598465	6362	1.15	7.5	0.39	0.35	399
<b>DESIGN 3</b> REVISE	Offshore	45m	5°	Yes	Wide	Thin	100m	Resin:No Riblets:No Filler:No WPT:No WPA:No	676526	6362	1.15	7.5	0.44	0.32	451

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Por otro lado, se analizó el simulador LabView, al cual se le proporcionó los siguientes datos: velocidad del viento, 7.5 metros por segundo; altura de las hélices, 50 metros; altura de la torre, 100 metros. Figura 2.

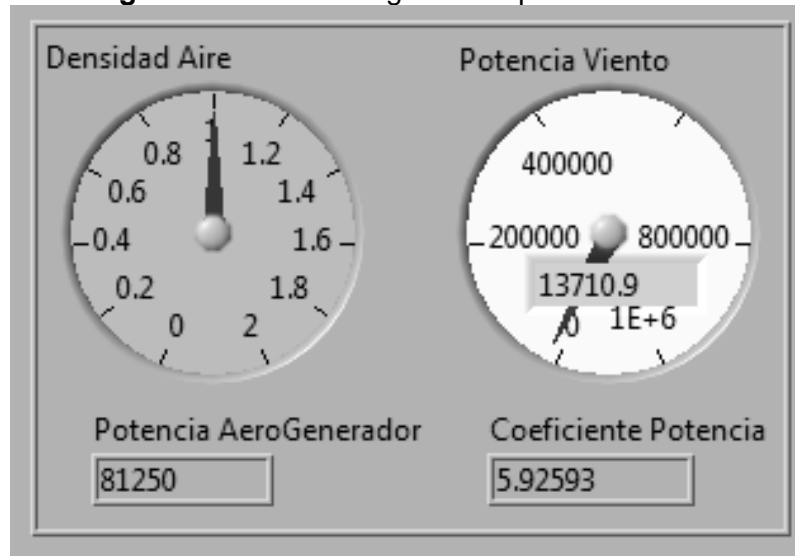
**Figura 2: Datos de entrada para el simulador LabView**



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Al proporcionar la información anterior al simulador LabView, generó los datos mostrados en la Figura 3.

**Figura 3:** Información generada por el simulador



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De la Figura 3, se observa: primero, la densidad del aire que se le suministró a la simulación. Segundo, la potencia del viento. Tercero, la potencia generada por el aerogenerador. Cuarto, el coeficiente de potencia, el cual indica la eficiencia del aerogenerador con la que convierte la energía del viento en electricidad.

Otro simulador que se analizó fue WAsP. Los datos ingresados a este software fueron los siguientes: altura de la torre, velocidad del viento, como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4:** Datos proporcionados al simulador WAsP

		R-class 0 (0.000 m)
Height 1 (z = 10 m)	U [m/s]	5.78
	P [W/m <sup>2</sup> ]	224
Height 2 (z = 25 m)	U [m/s]	6.33
	P [W/m <sup>2</sup> ]	286
Height 3 (z = 50 m)	U [m/s]	6.81
	P [W/m <sup>2</sup> ]	346
Height 4 (z = 100 m)	U [m/s]	7.37
	P [W/m <sup>2</sup> ]	450
Height 5 (z = 200 m)	U [m/s]	8.07
	P [W/m <sup>2</sup> ]	613

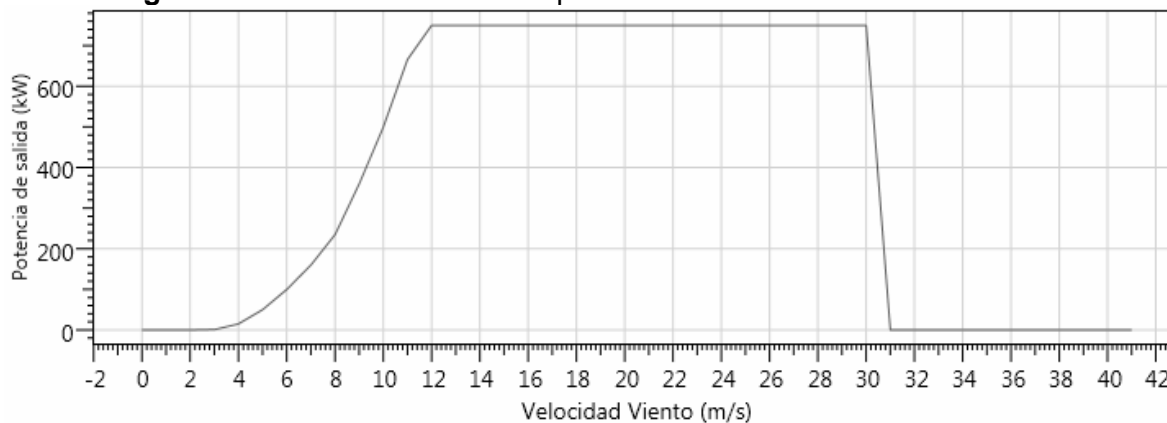
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El simulador WAsP indicó que si un rotor está a la altura de 10 metros y si el viento tiene una velocidad de 5.78 metros por segundo, la potencia que genera es de 224 vatios por metro cuadrado. Ahora, al aumentar la altura del rotor a 25 metros y la velocidad del viento a 6.33 metros por segundo, la potencia que se obtiene es de 286. Si se sigue incrementando la altura de la torre a 50 metros y la velocidad del viento a 6.81 metros por segundo, se calcula una potencia de 346. Luego, al proporcionar una altura de 100 metros y velocidad del viento de 7.37 metros por segundo, se muestra una potencia de 450.

A continuación, se analizó el simulador WindFarmer. Este permitió la creación de diseño y optimización de parques eólicos. Se pueden realizar talleres de viento y talleres de aerogeneradores.

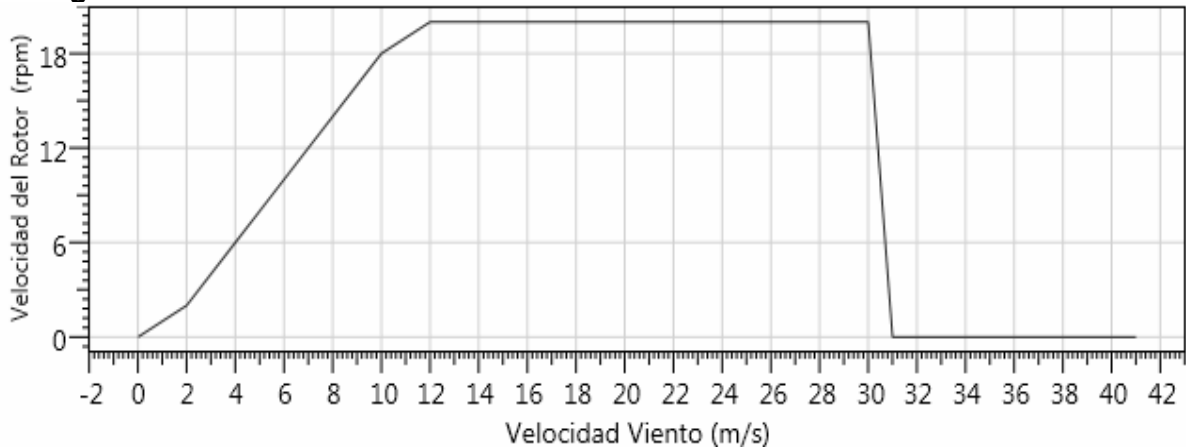
Se tuvieron en cuenta los talleres de aerogeneradores. La simulación se llevó a cabo con las siguientes variables estáticas: diámetro del rotor, 100 metros; altura de la torre, 100 metros, y la velocidad del viento se fue aumentando, con el fin de observar la variabilidad de la potencia (Figura 5) y la velocidad del rotor (Figura 6).

**Figura 5:** Velocidad del viento vs potencia en el simulador WindFarmer



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

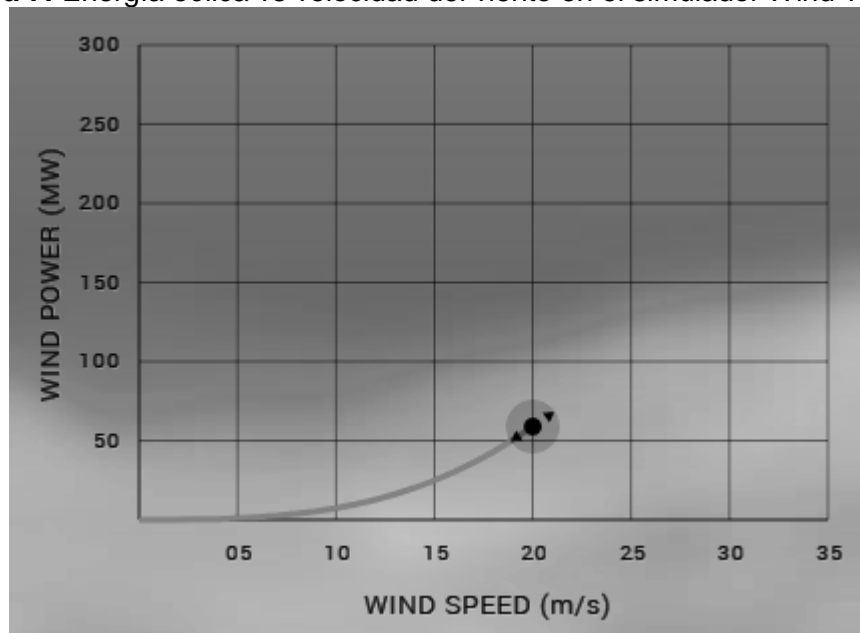
**Figura 6:** Velocidad del viento vs velocidad del rotor en el simulador WindFarmer



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El último simulador analizado fue Wind Turbine, al cual se proporcionaron los siguientes datos: diámetro de las hélices, 125 metros; eficiencia de conversión, 5%; velocidad del viento, 20 metros por segundo, donde se mostró la variabilidad de la energía eólica con respecto a la velocidad del viento (Figura 7).

**Figura 7:** Energía eólica vs velocidad del viento en el simulador Wind Turbine.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## **Comparaciones de potencias generadas por los simuladores**

Se comparó la potencia generada por el simulador 3M Wind Energy Virtual Lab, donde se tuvo en cuenta la ubicación, dado que el simulador proporciona tres lugares: llanura, colina y mar.

La simulación realizada en la llanura, obtuvo una potencia de 520404 watts; la simulación efectuada en la colina, generó una potencia de 598465 watts y la simulación en el mar, mostró una potencia de 676526 watts.

De lo anterior, se contempló que el simulador 3M Wind Energy Virtual Lab, con datos iguales y simulaciones en diferentes lugares, proporcionó diferentes rendimientos energéticos, favoreciendo al rendimiento obtenido en la simulación realizada en el mar.

Para comparar la potencia generada por los simuladores WAsP y LabView, se tuvo en cuenta la altura de la torre y velocidad del viento, donde se observó que las potencias generadas eran diferentes.

El simulador WindFarmer permitió observar la variabilidad de la potencia con respecto a la velocidad del viento, donde se contempló que la potencia generada era proporcional a la velocidad del viento hasta los 12 metros por segundo. Desde esta velocidad, la potencia se mantuvo constante hasta que la velocidad del viento aumentó a 30 metros por segundo.

Finalmente, el simulador Wind Turbine, presentó una variabilidad en la potencia, la cual era variable respecto a la velocidad del viento.

## **CONCLUSIÓN**

Los simuladores eólicos ayudan a predecir la máxima potencia producida en un determinado lugar, de acuerdo a variables como: velocidad del viento, altura de la torre, altura de las hélices y la ubicación.

Los simuladores permiten conocer el comportamiento del viento y la potencia generada en una central eólica. Estas variables son de gran importancia para la proyección, administración y éxito de los parques eólicos.

Los simuladores eólicos permiten modelar el comportamiento del viento, aprovechando el máximo rendimiento energético que pueden proporcionar los parques eólicos.

Los simuladores permiten modelar la variabilidad de la potencia generada por aerogenerador a medida que la velocidad del viento aumenta, la altura de la torre incrementa y el diámetro de las hélices se hace más grande.

## **REFERENCIAS**

Alrikabi, M. A. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61-64.

- Castells, X. E. (2012). Energías renovables: Energía, Agua, Medioambiente, Territorialidad y sostenibilidad. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Granados, L. M., y González, A. P. (2014). Desarrollo de un aerogenerador superconductor para bajas velocidades. *Jóvenes en la ciencia*, 1(1), 277-282.
- Herrera, A. J. (2015). Uso histórico de la energía y perspectivas de investigación de la energía alternativa en la universidad marítima del caribe. *Doctum*, 15(1), 167-182.
- INIECO. (2011). Desarrollo de proyectos de instalaciones de energía mini-eólica aislada., España: Editorial Vértice.
- Kara, F. (2015). Use of the Drawing-Writing Technique to Determine the Level of Knowledge of Pre-Service Teachers Regarding Renewable Energy Sources. *Journal of Education and Practice*, 6(19), 215-225.
- LabVolt. (2012). *LabVolt Series by Festo Didactic*. Recuperado de <http://www1.labvolt.com/publications/datasheets/current2/dse46128.pdf>
- Magallon, E. O. (2014). *Comparación de Herramientas de Diseño para Álabes de Aerogeneradores Eólicos de Baja Velocidad de Viento* (Tesis de maestría). Universidad autónoma del estado de Hidalgo, instituto de ciencias básicas e ingeniería, Pachuca de Soto, Hidalgo.
- Marín, C. E., y Marín, R. G. (2012). La energía eólica en la producción de electricidad en España. *Revista de Geografía Norte Grande*, 51, 115-136.
- Mohod, S. W., y Aware, M. V. (2011). Laboratory development of wind turbine simulator using variable speed induction motor. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3(5), 73-82.
- Otero, F., Cerne, B., y Campetella, C. (2016). Estudio preliminar de la velocidad del viento en san Julián en referencia a la generación de energía eólica. *Meteorológica, en edición*.
- Tracy, S. J. (2013). *Qualitative Research Methods: Collecting Evidence, Crafting Analysis, communicating impact*. Malden, USA: Wiley.
- Tsai, S., Xue, Y., Zhang, J., Chen, Q., Liu, Y., Zhou, J., y Dong, W. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1169-1178.
- Viloria, J. R. (2013). Libro Energías renovables: lo que hay que saber. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S. A.
- Zuluaga, C. D., Pinto, A. D., y Garcés, A. (2015). Mejoramiento de la calidad de la potencia activa de un parque eólico empleando sistemas almacenadores de energía. *Épsilon*, (24), 11-30.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Raúl José Martelo Gómez, Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática, docente del Grupo de Investigación Gimática- INGESINFO, docente Universitario de 15 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.

Heybertt Moreno Díaz, Ingeniero de Sistemas, docente del Grupo de Investigación INGESINFO, docente Universitario de 5 años de experiencia. Docente de la Universidad de Cartagena.

Natividad Villabona Gómez, Ingeniera Industrial, Magister en Administración, docente del Grupo de Investigación INGESINFO, docente Universitario de 25 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# REDISEÑO DE MÁQUINA PARA LAVADO VEHICULAR INDUSTRIAL AUTOSOSTENI- BLE ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

REDESIGN OF A SELF-SUSTAINABLE INDUSTRIAL  
VEHICLE WASHING MACHINE POWERED BY  
PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE





# REDISEÑO DE MÁQUINA PARA LAVADO VEHICULAR INDUSTRIAL AUTOSOSTENIBLE ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

## REDESIGN OF A SELF-SUSTAINABLE INDUSTRIAL VEHICLE WASHING MACHINE POWERED BY PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY

Melissa A. Plazas Morales, Universidad Antonio Nariño  
Nicolás Serrano Polanco, Universidad Antonio Nariño  
Orlando Morales Andrade, Gestor Tecnoparque Nodo Pitalito – Regional Huila

### RESUMEN

El presente trabajo propone y desarrolla el rediseño de la máquina de lavado vehicular estándar de la empresa Biocleaner, la cual no posee autonomía eléctrica limitando su uso a zonas con suministro eléctrico y presenta limitaciones de uso industrial debido a su baja presión de trabajo. El rediseño propuesto comprende el diseño de un sistema de alimentación fotovoltaico y la modificación del sistema de lavado ampliando la presión de trabajo de 40psi a 150psi aumentando también el flujo de característica intermitente de 1gpm a 1,4gpm para uso con pistolas de flujo regulable. Lo anterior permitirá satisfacer una gama más amplia de necesidades industriales y la autonomía energética de la maquina permitirá extender el servicio a las áreas no interconectadas eléctricamente.

**Palabras clave:** Bomba de desplazamiento positivo, bomba de diafragma, energía solar fotovoltaica, lavado vehicular, sistemas autosostenibles

### ABSTRACT

The present work proposes and develops the redesign of the standard vehicular washing machine of the company Biocleaner, which does not have electrical autonomy limiting its use to areas with electric power supply. It also has limitations of industrial use due to its low working pressure. The proposed redesign includes the design of a photovoltaic power system and the modification of the washing system by increasing its outlet working pressure from 40psi to 150psi, also increasing the intermittent characteristic flow from 1gpm to 1.4gpm for use with adjustable flow guns. This will enable a broader range of industrial needs to be met and the machine's energy autonomy will allow the service to be extended to not electrically interconnected areas.

**Keywords:** Diaphragm pump, industrial vehicle washing, photovoltaic solar energy, positive displacement pump, self-sustaining systems.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se da a conocer el rediseño de una máquina para lavado vehicular industrial autosostenible alimentada por paneles fotovoltaicos de 180[W], con una bomba que posee presión de trabajo modificada de 40[psi] a 150[psi]. Se inició analizando los parámetros actuales de la máquina (presión y sistema de alimentación eléctrica), se evidenció limitación en la presión de trabajo, siendo deficiente para la demanda de la empresa BioCleaner, además de la dependencia a fuentes de energía convencionales, restringiendo su trabajo en áreas no interconectadas sin acceso a la red eléctrica. Se compararon tres (3) bombas de desplazamiento positivo, alternativa de diafragma, en donde se analizó su consumo eléctrico para luego dimensionar el kit solar adecuado y seleccionar sus componentes. Se evaluaron tres (3) tipos de paneles solares existentes en el mercado.

Después de tener la bomba adecuada y la fuente de energía escogida, se diseñaron por computador los componentes complementarios de la máquina.

### A. Bomba de agua

La máquina requiere de una bomba de agua para:

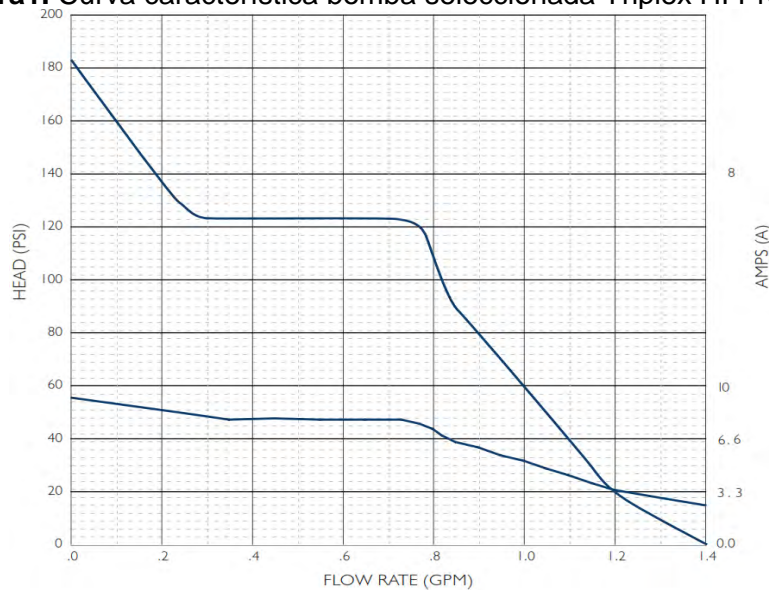
- Aumentar la presión del fluido
- Elevar la altura de succión del fluido
- Aumentar la velocidad del fluido
- Permitir flujo por demanda intermitente

Las bombas de diafragma son un tipo de bombas de desplazamiento positivo (Bombas alternativas o reciprocantes) que utilizan paredes elásticas (membranas o diafragmas) en combinación con válvulas de retención para introducir y sacar fluidos de una cámara de bombeo (Marin Karemylg & Alayon Benjamin, 2009).

Para la selección del modelo adecuado de bomba se recurrió a las llamadas curvas características, aportadas por el fabricante de las mismas. En este trabajo solo se analizarán dos curvas de bombas tipo desplazamiento positivo (UGR Aula Virtual, 2016) y (Bornemann Pumps, 2016):

- La curva de caudal vs Cabeza de succión de la bomba
- La curva de caudal vs Consumo corriente eléctrica.

**Figura1.** Curva característica bomba seleccionada Triplex HI Pressure



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La figura 1 muestra la curva característica de bombeo de agua de la bomba Triplex HI Pressure. La relación cabeza de presión vs caudal, presenta una región de operación a presión constante de 120[psi] permitiendo un caudal entre 0.3GPM y 0.7GPM correspondiendo a un consumo nominal aproximado de 7 amperios. En su pico máximo de operación (150[psi]), la bomba consumirá 9 amperios y permitirá un caudal mínimo de 0,15[GPM]. La bomba pasa a modo off (apagado) cuando la presión supere los 150[psi].

Las curvas características se construyen normalmente mediante pruebas realizadas con agua, por lo que sus datos se deben calcular si se van a bombear líquidos con otras propiedades físicas. Para esto se deben evaluar los parámetros de (descripción del fluido: agua, flujo de la bomba: flujo pulsante o intermitente, fuente de potencia: 12[V], aspecto dimensional: horizontal, condiciones ambientales). (Grundfos Industry, 2013).

Códigos y estándares: La norma ISO 16330 especifica los requisitos técnicos, distintos de la seguridad y los ensayos, para bombas de desplazamiento alternativo y unidades de bombeo. Se aplica a bombas que utilizan movimiento alternativo derivado de cigüeñales y árboles de levas y también bombas impulsadas por fluido de acción directa) e ISO 13710 - API 674 bombas alternativas DP que especifica los requisitos para bombas de desplazamiento positivo y unidades de bombeo de desplazamiento alternativo para uso en diferentes industrias.

### B. Dimensionamiento del panel solar

Consumo de Energía Eléctrica Total: Para determinar el consumo de energía y la potencia requerida por cada consumidor primero hacemos uso de la Ley de Watt. Donde: Potencia (W), voltaje dado en Voltios (V) y corriente (Amperios, A) (IDEAM, 2015).

$$Potencia = Voltaje \times Corriente \quad (1)$$

$$P=12 \text{ V} \times 9 \text{ A} = 108 \text{ [W/ h]}$$

La Potencia Mínima Requerida por hora en el sistema es de 108 W/h. Multiplicado este valor por su duración (4h) en horas de uso por día: tendríamos un consumo total de 432 W/h por día

Irradiación Local: Irradiación local se determina a través de las mediciones en el sitio, a partir de datos de estaciones meteorológicas cercanas (si está disponible) o, a través de mapas, tablas y programas de simulación por computador. Dependiendo de la zona donde se vaya a instalar el sistema, se tendrá un número específico de horas de radiación solar a una determinada intensidad solar promedio. Gracias al IDEAM 'Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales' se obtiene el dato de la intensidad solar promedio y las horas de irradiación solar presentes en la ciudad o zona de uso (para el caso Neiva) (IDEAM, 2015).

Con los anteriores datos y tomando la eficiencia del panel solar, se halla el área de instalación solar requerida, seguidamente de la potencia del panel requerido:

$$A = \frac{P_r}{(I_{rs} * E_f * H_s)} = \frac{432 [W/h]}{1000 * 21\% * 4.5} = 0.45714 [m^2] \quad (2)$$

$$\text{Potencia Panel} = I_{rs} * \text{Área} * E_f \quad (3)$$

$$\text{Potencia Panel} = 1000 * 0,45714285 * 21\% = 96 [W]$$

Dónde: A: Área (metros), Pr: Potencia requerida diaria (W/h), Irs: radiación solar media (1000[W/m<sup>2</sup>]), Ef: Eficiencia (%), Hs: Horas pico sol, Pp: Potencia panel a seleccionar.

La empresa Biocleaner solicitó un sobre dimensionamiento del 50% para permitir conexión eléctrica y suministro de energía a dispositivos menores de limpieza.

Dónde: Pp: Potencia Panel a seleccionar (W),

$$P_p \text{ con Ampliación} = 96[W] * 150\% = 144 [W] \quad (4)$$

Requerimientos de almacenamiento de la batería: Los consumidores eléctricos que deben funcionar sin sol requieren el suministro de una batería recargable. El tamaño de la batería se determina mediante el siguiente cálculo. (Rio Solar, 2016).

Capacidad de la batería (Cb):

$$C_b = (\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía}): \quad (6)$$

$$C_b = 432 \text{ W-h-día} \times 3 \text{ días sin ninguna luz solar} = 1296 [W/h]$$

Las baterías no se deben descargar en su totalidad, máximo al 50% de su capacidad. Por lo que tendríamos que aumentar la capacidad de la batería de la siguiente manera (Auto Solar, 2017):

Capacidad de la batería Aumentada (Ca):

$$Ca = \frac{Cb}{50\%} \quad (7)$$

$$Ca = \frac{1296[W/h]}{50\%} = 2592 [W/h]$$

Para hallar la capacidad total de la batería Ct se tiene la siguiente tabla, que muestra la tensión de trabajo adecuada para un sistema fotovoltaico (Rodriguez H., 2016).

**Tabla 1.** Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico

Potencia demandada (en W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (en V)
< de 1500 W	12 V
Entre 1500 W y 5000 W	24V ó 48V
> 5000 W	120V ó 300V

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Capacidad Total de la batería (Ct):

$$Ct = \frac{Ca}{V} = \frac{2592 [W/h]}{12 [V]} = 216 [A] \quad (8)$$

Dónde: Cb: Capacidad de la batería (W/h), Ca: Capacidad de la batería Aumentada (W/h), Ct: Capacidad total de la batería (A/h), V: Tensión del sistema (Voltios)

Regulador: Cada vez que se cargan baterías de ciclo profundo con paneles solares es necesario el uso de un controlador de carga en el circuito para proteger la batería contra sobre carga, y en algunos casos contra sobre descarga. La única excepción es cuando se utilizan paneles solares menores a 5W.

Como primer paso se selecciona el Voltaje del controlador de carga que sea compatible con el Voltaje del sistema siendo en este caso 12 Voltios, El segundo paso consiste en seleccionar un controlador de carga con capacidad de trabajar con la corriente de salida máxima del panel solar (o paneles solares) (Damia Solar, 2017). La corriente máxima de un panel solar es la corriente de corto circuito y puede verse en la etiqueta del panel o en hoja de especificaciones indicada como Isc.

Se estima sobre dimensionar este dispositivo en un 25% para permitir conexión de dispositivos menores de limpieza y bajar el punto de trabajo en el regulador.

$$\text{Aumento Capacidad Regulador} = Isc * 25\% \quad (9)$$

$$\text{Aumento Capacidad Regulador} = 11,57 [A] * 25\% = 14,46 [A]$$

### C. Manguera

Las mangueras hidráulicas están sometidas a diferencias de presión durante el funcionamiento y exposición al clima, el sol, agentes químicos, condiciones de operación en alta temperatura o manipulación inapropiada durante el funcionamiento o el mantenimiento, además cuentan con ventajas en comparación con tubos rígidos porque son flexibles, absorben los ruidos, amortiguan las vibraciones, son más fáciles de instalar, no requieren equipo de doblado y amortiguan los impulsos de presión. (Hidroaccesorios S.A., 2007).

Por consiguiente, tenemos en cuenta el diámetro interior y exterior, presión, temperatura, compatibilidad de fluidos, el radio de curvatura, conectores, la vida útil y las condiciones ambientales.

### D. Dimensionamiento de la rueda

Para dimensionar la rueda adecuada se debe hallar el peso total de la maquina teniendo en cuenta cada elemento que lo compone.

Cálculo de la carga por rueda: Determinamos la carga que deberá ser soportada por cada rueda, de acuerdo con las condiciones de uso del equipo.

$$C = \frac{PE+PMC}{N} * S \quad (10)$$

$$C = \frac{50.6 [kg]+60.7 [kg]}{2} * 1.5 = 55.65 [kg]$$

Dónde: c: Carga por rueda o rodaja (kg), PE: Peso del Equipo, PMC: Peso Máximo de la Carga a ser transportada (kg) = (PE + 20%PE), N: Cantidad de ruedas o rodajas, S: Coeficiente de Seguridad.

El peso máximo de la carga a ser transportada (PMC) se halla aplicando un margen de seguridad del 20% al peso del equipo (PE).

**Tabla 2.** Coeficiente de seguridad para ruedas

Coeficiente de Seguridad S	CONDICIÓN DE USO
1	Carga prácticamente estática
1,33	Uso frecuente, desplazamientos en pisos lisos
1,5	Uso frecuente, desplazamientos en pisos irregulares
2,0	Uso severo, en velocidad superior a 10km/h con cargas sólidas o líquidas, o con necesidad de superar obstáculos.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El valor del coeficiente de seguridad S debe quedarse entre 1,0 hasta 2,0 dependiendo de las condiciones de la aplicación (SCHIOPPA, 2010).

Se analizaron las condiciones del ambiente y del piso, tales como las temperaturas máximas y mínimas y la presencia de productos químicos que puedan provocar contaminación. Se determinó el tipo de rueda más adecuada, debido a que pueden ser suministradas con cinco tipos de rodamientos que ejercen gran influencia en su desempeño. Entre ellas: agujero liso, buje de nylon, buje de bronce, rodamiento de rodillos y rodamiento de bolas.

## RESULTADOS

En este capítulo se relaciona el consolidado del proceso de rediseño y selección de componentes para la máquina de lavado. Se da a conocer la relación de caudal, presión, tiempo y altura desarrollada por la bomba de diafragma, la potencia, consumo de energía eléctrica requerida por el sistema y el efecto de la irradiación solar en la ciudad de Neiva.

Como también los distintos materiales seleccionados para la bomba, panel, batería, manguera, pistola y caja de la máquina de lavado vehicular industrial.

### Bomba

**Tabla 3.** Bomba actual y bomba seleccionada

Bombas tipo diafragma – DP		
	ACTUAL	SELECCIONADA
	2 Cilindros	3 Cilindros
Referencia	LF Plus Series	Triplex 03811 Series
Presión	(275.790 pascal) 40psi	(1.034.000 pascal) 150psi
Caudal	3,78 l/min (1gpm)	5,3 l/min (1,4 gpm)
Voltaje	12VDC	
Amperios	2,5A a 25psi (172.369 pascal)	9A a 150psi (1.034.000 pascal)
Material	Polypropileno, Elastómeros de diafragma: santoprene o geolast y resorte de válvula de retención EPDM o Viton	Nylon lleno de vidrio, diafragma Santoprene y válvulas Viton o EPDM

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se analizaron los parámetros actuales de la bomba y al ser una bomba de desplazamiento positivo tipo diafragma – reciprocante posee una excelente resistencia al calor y demás agentes químicos, tienen un tamaño compacto y ligero con facilidades de instalación en condiciones de espacio limitados, además trabajan con un flujo intermitente para ahorro de fluidos [13]. Pero carece de presión superior a 40psi (275.790 pascal), por esto se escogió una bomba del mismo tipo (desplazamiento positivo- diafragma) pero con rango de presión superior a 130 psi (896.318 pascal) debido a que la bomba seleccionada Triplex cuenta con tres cilindros a comparación de la Lf Series (Anexo 1) que posee (2) dos cilindros, esto ayuda a una mayor reducción del volumen en sus cilindros dando como resultado un aumento de presión a caudal constante y reducido. (Almacen Bombas S.A., 2017).

### Componentes del sistema fotovoltaico

**Tabla 4.** Componentes del sistema fotovoltaico seleccionados

	Panel	Batería	Regulador
Tipo	Flexible	Gel AGM	MINO V2 Versión no estanca
Potencia(W)	180W	-	-
Corriente en Corto Circuito (Isc)- Capacidad	11.57 A	220A-h	15 A
Voltaje	12V	12V	12V
Peso	1,7Kg	65kg	0,25Kg
Dimensiones	1315 x 796 x 3mm	522 x 238 x 240 mm	140 x 116 x 30 mm
Temperatura de Trabajo	-40°C ~ 85°C	10°C ~ 70°C	-10°C ~ 50°C

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El panel solar seleccionado para este sistema posee una potencia de 180[W] a 12[V], al hacer la selección adecuada de la batería se estipulo una autonomía de tres días (días sin sol) para prevenir limitaciones en su uso por condiciones climatológicas. Además, cuenta con un regulador de carga que controla los picos de corriente o sobrecargas presentadas en el sistema siendo este de suma importancia para el funcionamiento del panel, protegiendo de daños al resto de componentes eléctricos. Debido a lo anterior se hizo selección de un regulador de 15 Amperios después de hacer los cálculos pertinentes en el capítulo anterior.

### Manguera y pistola de fluido.

**Tabla 5.** Comparación manguera actual y manguera seleccionada

	Manguera actual	Manguera seleccionada
<b>Norma</b>	SAE J30 R6	SAE 100 R4
<b>Diámetro interno</b>	9,52mm	
<b>Tipo de Fluido</b>	Agua	
<b>Caudal</b>	1 GPM (3.78 lpm)	1,4 GPM (5.29 lpm)
<b>Temperatura de trabajo</b>	-40°C ~ 125°C	



<b>Presión de trabajo máx.</b>	120 psi (827.371 Pascal)	300 psi (2.068.000 pascal)
<b>Material</b>	Hule sintético con malla trenzada	Hule sintético y construida con un refuerzo de múltiples mallas espiral sintético y helicoides de acero

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para la selección de la manguera se analizó la presión de trabajo de la bomba, curvatura, acoples y las normas que la rigen (SAE 100R4/ J1943) (Parker Hannifin, 2017). La manguera seleccionada es utilizada en aplicaciones hidráulicas en servicio de succión y retorno con rangos de presión de trabajo de 62-300 PSI (Central de Mangueras S.A., 2016).

**Tabla 6.** Comparación pistola actual y pistola seleccionada

	Pistola actual	Pistola seleccionada
Diámetro Interior	9,52mm	
Tipo de Fluido	Agua	
Caudal	Aspersor regulable 1GPM (3.78 lpm)	Flujo y Boquillas regulables 0,92GPM Mínimo (3.48 lpm)
Temperatura de trabajo	10°C ~ 80°C	
Presión de trabajo	120 psi (827.371 pascal)	232 psi (1.600.000 pascal)

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La pistola se seleccionó tomando en cuenta las características de trabajo de la bomba y de la manguera ya seleccionada. Por ende, se escogió una pistola MultiFlow de Fluido Regulable que trabaja a presiones altas con bajo caudal y además ofrece variedad de boquillas y adaptadores para regular el fluido, funcionando de manera fiable, versátil, con alto rendimiento y respetuosa con el medio ambiente. (CEJN ibérica S.L.U., 2017).

## CONCLUSIÓN

Se analizaron los parámetros de servicio de la máquina actual (presión, caudal, amperaje y fuente de energía) dando como resultado un bajo alcance en el sistema de lavado, debido a que la bomba actual trabaja con una presión máxima de 40[psi] siendo deficiente para la demanda de la empresa Biocleaner. También se analizaron las fuentes de energía a la que se encuentra sujeta la máquina actual, mostrando una dependencia a la red eléctrica.

Se evaluó el tipo de sistema de lavado adecuado para el dimensionamiento del panel solar, comparando las características de la bomba actual y dos (2) tipos de bombas de

desplazamiento positivo tipo diafragma con presión mayor a 130[psi], estableciendo la bomba triplex high pressure como la más adecuada para el trabajo con fuente de energía fotovoltaica gracias a su caudal bajo y su presión elevada. Dando como resultado que la bomba actual consume 4[A] a 40[psi] y la bomba escogida incrementa a 9[A] a 150[psi] aumentando la cabeza de presión y por consiguiente su consumo eléctrico.

Se rediseño el sistema de lavado y se seleccionó una bomba de diafragma de 150[psi] alimentada autónomamente por un panel fotovoltaico de 180[W]. Para esto se plantearon los cálculos necesarios (potencia requerida diaria por la bomba, irradiación solar, etc.), luego se analizó el tipo de manguera SAE 100R4 y Pistola Fluido Regulable Marca MultiFlow cumpliendo con las normas técnicas.

Escogidos los componentes tanto del sistema hidráulico como del sistema eléctrico-electrónico se realizaron las respectivas simulaciones y modelamiento de partes en Solid Works para su posterior exportación en 5 planos de AutoCAD (1. Despiece y listado de componentes, 2. Montaje del equipo, 3. Plano Sistema Hidráulico, 4. Sistema eléctrico)

Se cumple con el objetivo de rediseñar un sistema autónomo de lavado vehicular expandiendo el alcance del servicio a zonas no interconectadas y permitiendo realizar lavados de mayor exigencia por nivel de suciedad.

## REFERENCIAS

- DMC Solar. (2017). Cómo Elegir mi Kit. Recopilado de: [http://www.dmcsolar.co/kits\\_multiples](http://www.dmcsolar.co/kits_multiples). El 10 de Febrero de 2017
- IDEAM. (2015). Mapa Brillo Solar De Colombia Multianual, 1. Recopilado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Rio Solar. (2016). Sistemas FV, *La creación de un Sistema Fotovoltaico*. Recopilado de: <http://www.riosolar.com/pv-sistemas.html>
- Auto Solar. (2017). Energía Solar. Recopilado de: <https://autosolar.es/baterias-agm/bateria-agm-12v-220ah-victron-energy>. El 20 de Marzo de 2017
- Rodriguez, H. (2016). Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. Recopilado de: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>
- Damia Solar. (2017). Funcionamiento de un panel solar. Recopilado de: [https://www.damiasolar.com/productos/placas\\_solares/panel-solar-ecosolar-100w-monocristalino\\_da0093\\_15](https://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-solar-ecosolar-100w-monocristalino_da0093_15). El 10 de Febrero de 2017
- Marin Karemylg, Alayon Benjamin, Q. D. (2009). Bomba de Diafragma. Universidad Simón Bolívar. Recopilado de: <http://bombadediafragma.blogspot.com.co/2009/07/bomba-de-diafragma.html>
- UGR Aula Virtual. (2016). DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LAS BOMBAS. Recopilado de: <http://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/qi/descargas/documentos/BOMBASYTUBERIAS.p>

df

- Bornemann Pumps. (2016). SELECCIÓN DE BOMBAS. Santos, Sofia. Recopilado de: <http://docplayer.es/11465321-Seleccion-n-de-bombas.html>. El 19 de Marzo de 2017
- Grundfos Industry. (2013). Manual De Bombeo. Recopilado de: [http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/\\_assets/downloads/bge/pumphandbook\\_bge.pdf](http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/_assets/downloads/bge/pumphandbook_bge.pdf)
- Hidroaccesorios S.A. (2007). Identificación codigos de mangueras - Serie 100. Recopilado de: <http://www.hidroaccesorios.com.ar/identificacion.htm>
- SCHIOPPA. (2010). Ruedas. In *Catalogo Ruedas y Rodajas* (p. 256). Brasil
- Flojet. (2016). Industrial Pumps and Valves Catalogue. *Diaphragm Pumps*, p. 28. Recopilado de: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/flojet/international-industrial-pumps/14327-655644.html#open>
- Almacen Bombas S.A. (2017). Bombas y Motores para todo uso. Recopilado de: <http://almacenbombas.com/v2/empresa.html>. El 20 de Marzo de 2017
- Outback Equipment. (2017). 180W 12V Flexible Solar Panel Generator Caravan Camping Power Mono Charging Kit. Recopilado de: <http://www.ebay.com.au/itm/180W-12V-Flexible-Solar-Panel-Generator-Caravan-Camping-Power-Mono-Charging-Kit/282184717705?hash=item41b3851589&fol=e7a706c622e8b91a05bf58312b5a877de3dc1c32a060b3a711aa5f2732f578a2&pwid=outback-equip>. El 20 de Marzo de 2017
- Parker Hannifin. (2017). MANGUERA SAE 100R4 - MARCA PARKER. Recopilado de: <http://ph.parker.com/us/en/suction-and-return-line-881>
- Central de Mangueras S.A. (2016). *Guía Rápida Acoples Hidráulicos*. Recopilado de: <http://centraldemangueras.com/catalogo/ACOPLES-HIDRAULICOS.pdf> . El 20 de Marzo de 2017
- CEJN IBÉRICA S.L.U. (2017). Pistola de Aire y Fluidos MultiFLOW. Recopilado de: <http://www.cejn.es/products/fluids/blowguns/series-210/>. El 18 de Marzo de 2017



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# EQUIPO PORTÁTIL DE FABRICACIÓN DE HIELO MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

PORTABLE ICE MAKING EQUIPMENT BY USING  
PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **EQUIPO PORTÁTIL DE FABRICACIÓN DE HIELO MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

## **PORTABLE ICE MAKING EQUIPMENT BY USING PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY**

John Jairo Morales Quiñones  
Yuddy Johanna Silva Chacón  
Samuel Francisco Forero Ospino

Centro Industrial de Mantenimiento Integral - SENA CIMI Girón - Regional Santander

### **RESUMEN**

La necesidad del hielo para el ser humano se remonta varios siglos atrás, desde que el ser humano requirió la conserva de sus alimentos y encontró en la utilización del hielo una solución para ese problema.

Más cercano a nuestro tiempo, entre los siglos XVII y XVIII la tarea de conseguir el hielo en épocas de verano, se cumplía mediante la construcción de pozos de hielo en invierno donde se almacenaban bloques de hielo recolectado de los lagos congelados y que eran gestionado por los administradores del pozo; cuando llegaba la época de calor, este hielo era retirado paulatinamente cada semana conservándolo hasta el otro invierno, con el fin de sostener el mercado que se había generado por la necesidad de este hielo. Esta era una tarea de gran importancia para el pueblo, ya que las aplicaciones del hielo habían superado simplemente la necesidad de conservar alimentos ya que también se usaba para: enfriar bebidas, mercaderes o aplicaciones medicinales, etcétera.

Hoy en día, pleno siglo XXI, el hielo sigue teniendo múltiples aplicaciones, pero la generación de hielo se ha industrializado. La aplicación de nuevas tecnologías, el uso de refrigerantes que afectan a la capa de ozono (SAO's) y que contribuyen al calentamiento global (GEI's) así como el aumento de los requerimientos de consumo de una población en constante crecimiento, van a la par de la contaminación que se genera para el planeta en sostener distintos mercados, por lo que buscar alternativas de desarrollo que puedan suplir algunas necesidades de la sociedad, siempre será vista de la mejor manera.

Por todo esto, nuestro proyecto se centra en la construcción de un Equipo portátil para la fabricación de hielo mediante el uso de Energía Solar Fotovoltaica, el cual pretende atender las ZNI (Zonas No Interconectadas) de Colombia, o zonas en las que el fluido eléctrico esté ausente o no sea constante pero que además tenga la posibilidad de ser portátil y de fácil instalación justificando así el uso de las energías renovables para la equidad social.

**Palabras clave:** Fotovoltaica, Hielo, Portátil, Energía, Solar.

## **ABSTRACT**

The need for ice for the human being goes back several centuries, since the human being required the preservation of their food and found in the use of ice a solution to that problem.

Closer to our time, between the seventeenth and eighteenth centuries the task of obtaining ice in the summer, was met by the construction of ice pits in winter where ice blocks collected from the frozen lakes were stored and managed by the well managers; When the hot season arrived, this ice was gradually withdrawn every week, conserving it until the other winter, in order to sustain the market that had been generated by the need for this ice. This was a task of great importance for the people, since the applications of ice had simply overcome the need to preserve food as it was also used to: cool beverages, merchants or medicinal applications, and so on.

Today, the 21st century, ice continues to have multiple applications, but the generation of ice has become industrialized. The application of new technologies, the use of refrigerants that affect the ozone layer (ODS) and that contribute to global warming (GHGs) as well as the increase in the consumption requirements of a growing population, go along with the pollution that is generated for the planet in sustaining different markets, so looking for development alternatives that can supply some needs of society, will always be seen in the best way.

For all this, our project focuses on the construction of a portable equipment for the manufacture of ice using photovoltaic solar energy, which aims to meet the ZNI (non-interconnected areas) of Colombia, or areas in which electricity is absent or not constant but also has the possibility of being portable and easy to install, thus justifying the use of renewable energies for social equality.

**Keywords:** Photovoltaic, Ice, Portable, Energy, Solar.

## **INTRODUCCION**

La construcción de un Equipo portátil de Fabricación de hielo mediante el uso de Energía Solar Fotovoltaica, es un proyecto dirigido por los instructores de refrigeración del Centro Industrial de Mantenimiento integral, y que desarrollaron los aprendices durante el desarrollo de su proyecto de formación como técnicos en Mantenimiento de Equipos de Refrigeración, Climatización y Ventilación.

Su concepción se debe a la integración de las tecnologías de la refrigeración por compresión de vapor a la utilización de tecnologías de Energías Alternativas y de alguna manera contribuir a la solución de un problema generado por la fabricación de hielo en zonas ZNI.

El objetivo de nuestro proyecto se puede dividir en dos, A corto plazo y a largo plazo.

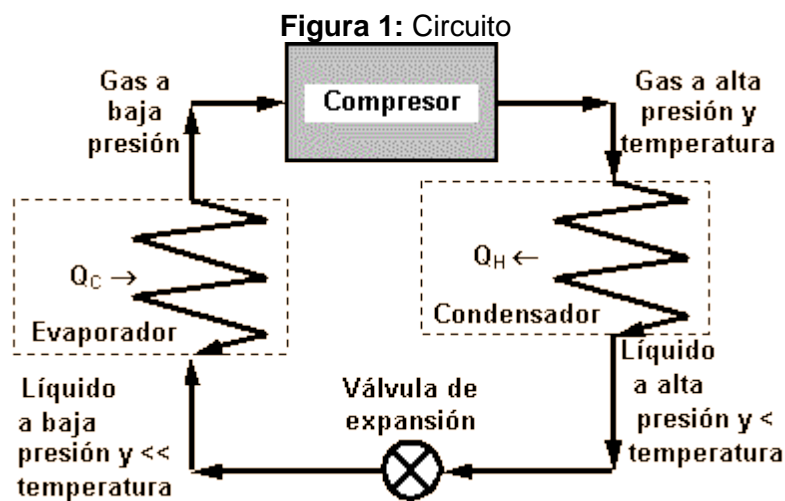
A corto plazo se tiene como objetivo el desarrollo de varios prototipos con diferentes tecnologías de refrigeración por compresión de vapor refrigerante, esto con el fin de buscar

diferencias en la eficiencia y establecer parámetros de funcionamiento que conlleven al uso eficiente de la energía solar fotovoltaica que se viene utilizando.

A largo plazo, se visualiza una comercialización de nuestro producto a las ZNI de Colombia ya que se vienen planteando sectores del mercado en el cual queremos impactar.

## FUNDAMENTO TEORICO

Nuestro proyecto se basa en la fabricación de hielo mediante la utilización la tecnología de refrigeración por compresión de vapor refrigerante. Esta tecnología utiliza una sustancia conocida como refrigerantes, que circula a través de un circuito de refrigeración.



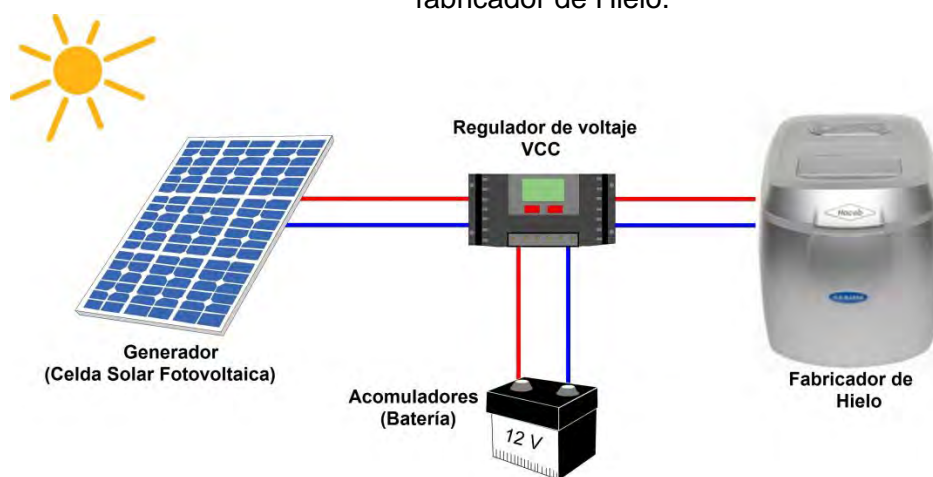
Como se muestra en la **Figura 1**, el circuito se compone de 4 componentes principales, los cuales son: Compresor, Condensador, Válvula de expansión y Evaporador.

El ciclo comienza en el compresor, este se encarga de comprimir la sustancias refrigerante que retorna del Evaporador y le eleva la presión al gas, volviéndolo vapor sobrecalentado y llevándolo a la siguiente etapa del ciclo. Luego el vapor sobrecalentado a alta presión ingresa al condensador, que se encarga de entregar el calor de la sustancia refrigerante hacia el medio que se encuentra a menor temperatura, en ese proceso el refrigerante cambia de estado de vapor a líquido, en este punto el refrigerante se encuentra a alta presión, pero a baja temperatura, por lo que se encuentra Sub-enfriado. El refrigerante subenfriado y que ha sido transformado a liquido pasa a través de la Válvula de Expansión, en la que se reduce la sección del camino por el que circula el refrigerante líquido y reduce la presión del refrigerante para llevarlo a la siguiente etapa. El cuarto elemento del ciclo de refrigeración, es el Evaporador, acá el refrigerante a baja presión alcanza temperaturas de congelación en las que gracias al el diferencial de temperatura que se encuentra el evaporador con respecto al ambiente donde se encuentra instalado, se va recalentando, absorbiendo el calor del área y evaporando la sustancia refrigerante llevándola nuevamente al compresor y comenzando un nuevo ciclo.

La firma por parte de Colombia en los protocolos de Montreal y Kyoto, condicionan la sustancia refrigerante con la que se pueden construir equipos de refrigeración. Para el caso de nuestro proyecto, se ha decidido utilizar como sustancia refrigerante el HFC-134a, un refrigerante ampliamente utilizado en la refrigeración doméstica ya que alcanza temperaturas de congelación adecuadas para la producción de hielo.

También se ha decidido incorporar la tecnología de la generación de energías renovables, más exactamente la SFv (Solar Fotovoltaica) para la producción de energía de nuestro proyecto. Utilizando 12VDC mediante energía SFv para el funcionamiento del compresor y los demás elementos internos del artefacto, se ha podido reducir en un gran medida el consumo eléctrico de la máquina y se da la posibilidad de mejorar la versatilidad del equipo, ya que al funcionar con energía SFv, se condiciona su funcionamiento simplemente a que la instalación en la que se requiere el equipo se pueda generar esta energía SFv o a que se tenga celda en la que se almacene la energía, como se muestra en la **Figura 2**.

**Figura 2.** Esquema de conexión. Sistema de generación de energía solar fotovoltaica – fabricante de Hielo.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

No es la primera vez que se intenta producir hielo o alguna aplicación de refrigeración con la energía otorgada por el sol. Se han producido intentos en los que se utilizan ciclos de absorción y refrigerantes alternativos para la producción de frío.

Si bien han salido exitosos, como lo demuestra la publicación del tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16587093>, en la que un ingeniero químico llamado Carlos Gómez en la que tratando de solucionar la problemática de los habitantes de Isla Fuerte en la que requerían de la refrigeración para la conserva de su pesca, la solución es diferente de la nuestra ya que el sistema de refrigeración del Ingeniero Carlos Gómez no contempla la refrigeración por compresión de vapor refrigerante ni el uso de energía eléctrica. Además, que esta solución se creaba con concepción estacionaria y no es portátil ni permite la versatilidad que pretende proveer nuestro equipo.



Otro ejemplo, es la publicación realizada en el siguiente link: [http://eliseosebastian.com/documentos/Equipo\\_solar\\_para\\_fabricar\\_hielo.pdf](http://eliseosebastian.com/documentos/Equipo_solar_para_fabricar_hielo.pdf), en donde nuevamente se fabrica un equipo que utiliza la energía solar térmica para la fabricación de hielo con amoníaco como sustancia refrigerante, pero que concluye que necesitan mucho espacio para el desarrollo del proyecto así como de medidas de seguridad ya que el refrigerante que utiliza es tóxico para el ser humano.

## **METODOLOGIA**

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue “El método experimental”, en el que se experimentan distintas actividades con el equipo y luego se analizan los resultados de dichos experimentos.

Se evidencian cuatro etapas, en el método utilizada para la realización de este proyecto, en las que se enmarcan el antes, durante, después y la evaluación de cada experimento realizado.

Algunas de las actividades fueron:

- Realizar pruebas de campo estableciendo parámetros de funcionamiento del equipo y las posibles variaciones que podría tener de acuerdo al sitio de instalación a un equipo fabricante de hielo el cual funcionaba con 12VAC.
- Proyectar la reconversión de refrigerante, capacidad del compresor y medidas de instalación, carga y ajuste de carga refrigerante para el prototipo.
- Realizar la reconversión del sistema de fabricación de hielo para trabajar con fuente de alimentación con energía SFV a 12 VDC.
- Recopilar y compilar los parámetros de funcionamiento de cada uno de los equipos que se requieren en el experimento.
- Comparar el funcionamiento de nuestro proyecto con el primer equipo.
- Sacar CONCLUSIÓN y posibilidades de mejora para la fabricación de un segundo prototipo.

Todas estas actividades, conllevan al desarrollo de nuestro objetivo a largo plazo, en el que se pretende comercializar un producto que cumpla con los requerimientos de un mercado creciente y que contribuya a mitigar la contaminación que se genera en nuestro planeta.

## **RESULTADOS**

Luego de realizado el proyecto, se evidencian los siguientes resultados:

### **Equipo de refrigeración por compresión de vapor**

- Se realiza la reconversión de un equipo fabricante de hielo, cuyo funcionamiento era de 120 VAC y se convirtió a 12VDC.
- Consumo de corriente de entre 7 y 8 Amp en DC.
- Capacidad de fabricación de hielo, de entre 7 y 9 Kg en 24 horas.

- Bajo consumo energético, 80 W/h generados por energía SFv.
- Apagado automático, cuando detecta que no hay agua en el equipo para fabricar hielo.
- Indicador de carga máxima de hielo en el recipiente.

### Calculo de la instalación solar aislada

Parámetros de instalación:

- La instalación situada: Girón, Santander, Colombia
- En las coordenadas: 7.057282, -73.059082
- El campo fotovoltaico estará dispuesto con las siguientes características:
  - o Inclinación: 8 °
  - o Desorientación respecto al Sur: 0 °

Consumo diario de energía:

**Figura 3:** Consumo total para 16 horas de trabajo al día.

Consumo electrodomesticos (día)			
Aparato	Horas	Energía	Total
Frigorifico	16	85 W	1360 Wh
<b>TOTAL</b>			<b>1360 Wh/d</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para el cálculo del rendimiento se han utilizado los siguientes parámetros de la instalación, mostrados en la **Figura 4**.

**Figura 4**

<b>Coefficiente perdidas en batería</b>	<b>5 %</b>
<b>Coefficiente autodescarga batería</b>	<b>0.5 %</b>
<b>Profundidad de descarga batería</b>	<b>60 %</b>
<b>Coefficiente perdidas conversión DC/AC</b>	<b>6 %</b>
<b>Coefficiente perdidas cableado</b>	<b>5 %</b>
<b>Autonomía del sistema</b>	<b>3 d</b>
<b>Rendimiento General</b>	<b>81.9 %</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Lo que nos proporciona los siguientes resultados de energía.

**Figura 5:** Requerimiento de energía según el mes del año.

	Ene	Feb	Mar	Abl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% mes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Consumos (W)	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661	1661

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Calculo de módulos de paneles solares fotovoltaicos:

Para el cálculo del campo fotovoltaico se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, el ratio de aprovechamiento del regulador de carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido. Dando los siguientes valores:

- El mes más desfavorable según consumos: Abril
- Inclinación óptima anual:  $8.61^\circ$
- Inclinación óptima anual por consumos:  $15.78^\circ$
- Inclinación elegida:  $8^\circ$
- Azimut módulos:  $0^\circ$
- Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses):  $23.71^\circ$
- Horas Sol Pico en meses más desfavorables: 4.48 HSP
- Energía Real Diaria desde módulos: 1025.64 Wh/d
- Ratio de aprovechamiento regulador: 1
- Potencia pico módulos calculada: 256 Wp

La elección del módulo, tiene en cuenta los distintos parámetros eléctricos, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador y batería. A continuación, se observan los detalles del módulo y los cálculos elegidos como lo muestra la **Figura 6**.

**Figura 6:** Parámetros del panel solar.

LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino			
Voltaje a circuito abierto (voc):	37 V	Voltaje a potencia máxima (vmp):	29.8 V
Corriente de cortocircuito (isc):	8.22 A	Corriente a potencia máxima (imp):	7.73 A
Potencia máxima:	230 W	Coefficiente de temperatura de Pmax:	-0.45 %/°C
Potencia real a Temperatura media max :	230.5805 Wp	Nº de módulos serie:	1
Potencia pico módulos total :	230 Wp	Nº de series paralelo:	1
Optimización instalación/necesidades mes mas desfavorable :	0.9	Total modulos :	1
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de			90 %

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Calculo de módulos de regulación de voltaje.

Para la elección del regulador se tienen en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos, lo que nos aporta un determinado grado de optimización.

Ver a continuación:

- Tensión sistema: 24 V
- Tensión módulos Circuito abierto: 37 V
- Tensión módulos máxima potencia: 29.8 V
- Corriente de cortocircuito modulo: 8.22 A
- Corriente a potencia máxima modulo: 7.73 A
- Total módulos instalar: 1
- Intensidad modulo a tensión sistema (abierto): 8.22 A
- Intensidad modulo a tensión sistema (cerrado): 7.73 A
- Intensidad total sistema (abierto): 8 A

La elección del regulador a instalar, según las especificaciones de la **Figura 7**.

**Figura 7:** Parámetros del regulador de voltaje.

STECA SOLSUM 8/8 PWM			
Tensión:	12-24 V	Voltaje máximo:	47 V
Potencia nominal:	192 Wp	Consumo propio:	4 mA
Capacidad de carga:	8 A	Ratio aprovechamiento :	0.9
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de		100 % N° Reguladores :	1

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Calculo de módulos de acumuladores (baterías).

Para el cálculo de la batería, se ha tenido en cuenta, la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.

- Tensión nominal de baterías: 12 V
- Profundidad de descarga de baterías: 60%
- Autonomía del sistema: 3 días
- Energía Real Diaria: 1026 Wh/día
- Capacidad útil baterías calculada: 256 Ah
- Capacidad real baterías calculada: 427 Ah

De lo que se desprende, que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería con 6 vasos en serie de 1 series en paralelo de 297 Ah en C100, por serie, dando un total de 297 Ah en C100 y 12 V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 3 días, con los consumos teóricos descritos en la **Figura 8**.

**Figura 8:** Parámetros de las baterías.

POWERSAFE TLS-4 TUBULAR-PLATE				
Capacidades de carga en función a sus horas de descarga:				
C 10: 220 Ah	C 20: 247 Ah	C 40: 259 Ah	C 100: 297 Ah	C 120: 300 Ah
Tensión:		2 V	Nº de elementos serie :	6
Capacidad nominal acumulador :		297 Ah	Nº de series paralelo :	1
Tensión nominal acumulador :		12 V	Total elementos :	6
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de				70 %

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## CONCLUSIÓN

- Circuito de refrigerante hermético, sin posibilidad de fuga por sellos.
- Mínima necesidad de mantenimiento mecánico.
- Fácil limpieza, fundamental en la generación de hielo sanitario, como consecuencia de su construcción 100% en acero inoxidable.
- Producción de hielo más económico como consecuencia de requerir temperaturas de evaporación superiores (de -15°C aproximadamente).
- Reducción de la carga de refrigerante y por ende una necesidad de recipientes de menor tamaño en la instalación frigorífica,
- Versatilidad de utilización del equipo de refrigeración ya que funciona con energía solar SFv y el requerimiento energético es mínimo.
- Posibilidades de mejora del proyecto, acentuando el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Utilización de refrigerantes amigables con el planeta en la fase 2 del proyecto.

## REFERENCIAS

Ana Isan, 4 de junio de 2013, Nevera que fabrica hielo con energía solar, Recuperado de: <https://energiasrenovadas.com/nevera-que-fabrica-hielo-con-energia-solar/>

Deicy Johana Pareja M., 10 de mayo de 2016, La máquina que hace hielo con energía solar, Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16587093>

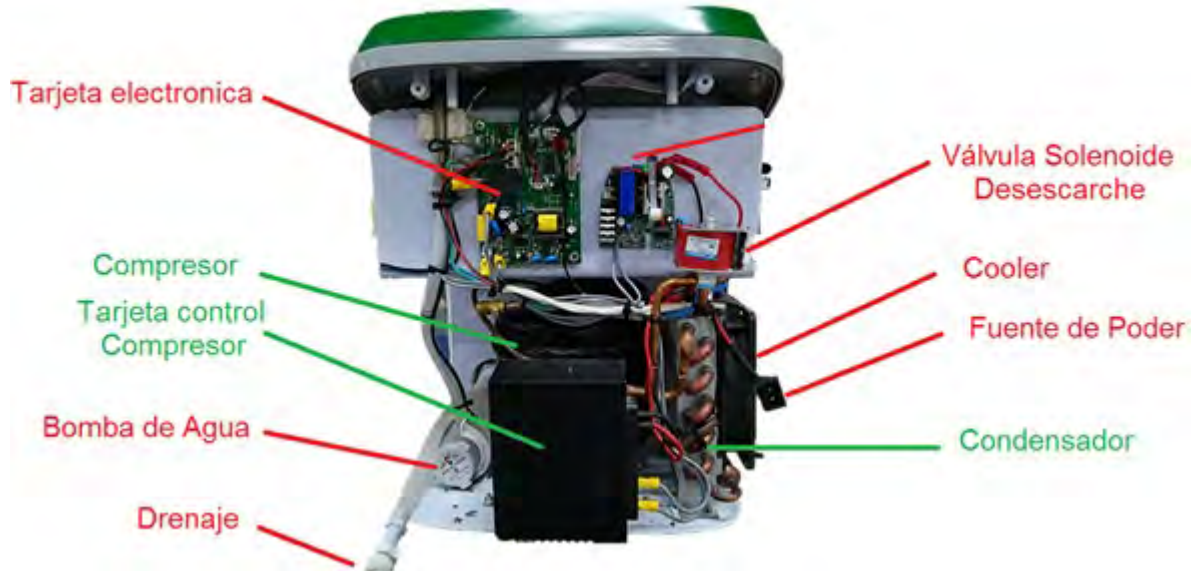
Solar Icemaker, Fabrica hielo con el sol, Recuperado de: <https://ecoinventos.com/solar-icemaker-fabrica-hielo-con-el-sol/>

Yonatan Rodríguez, 16 de abril Recuperado de: 2016, Ingenieros paisas crearon sistema que permite hacer hielo con el sol, <http://www.elcolombiano.com/tecnologia/ciencia/enfriador-alimentado-por-energia-solar-nueva-patente-de-ingenieros-paisas-DE3978324>

## ANEXOS

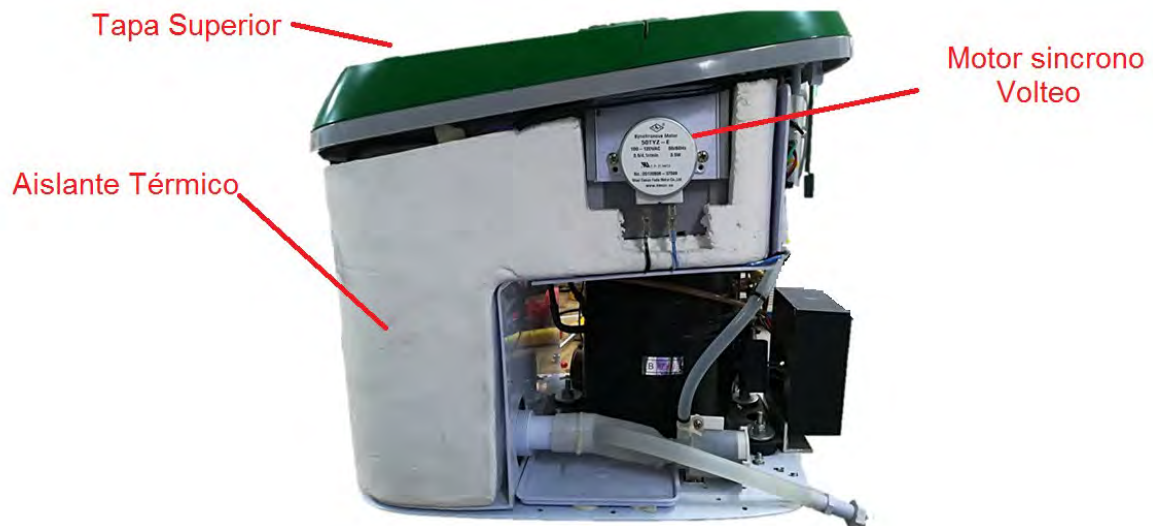
### Fotos del proyecto

**Figura 9:** Vista posterior (Interna)



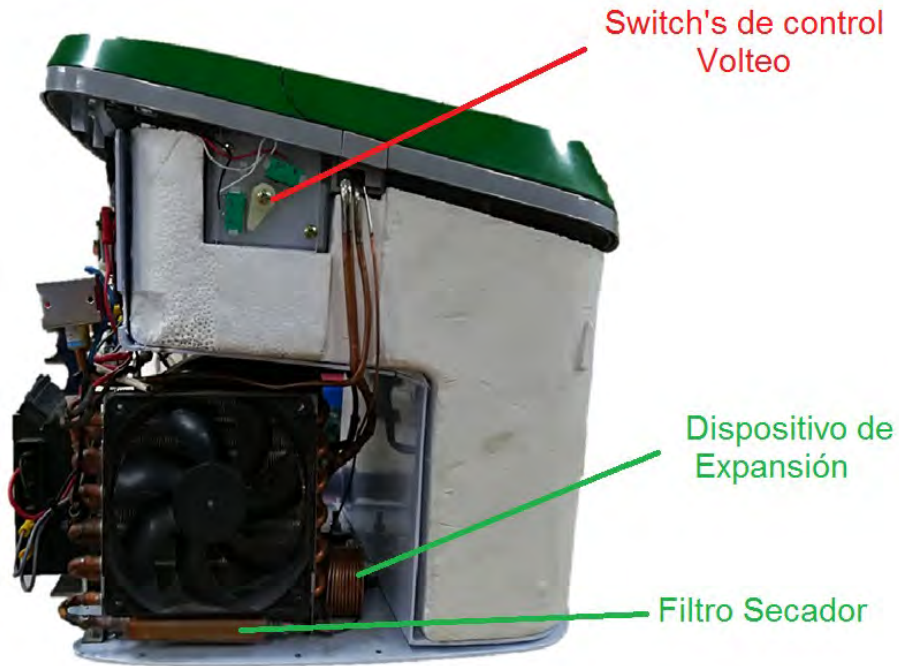
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 10:** Vista lateral izquierda (Interna)



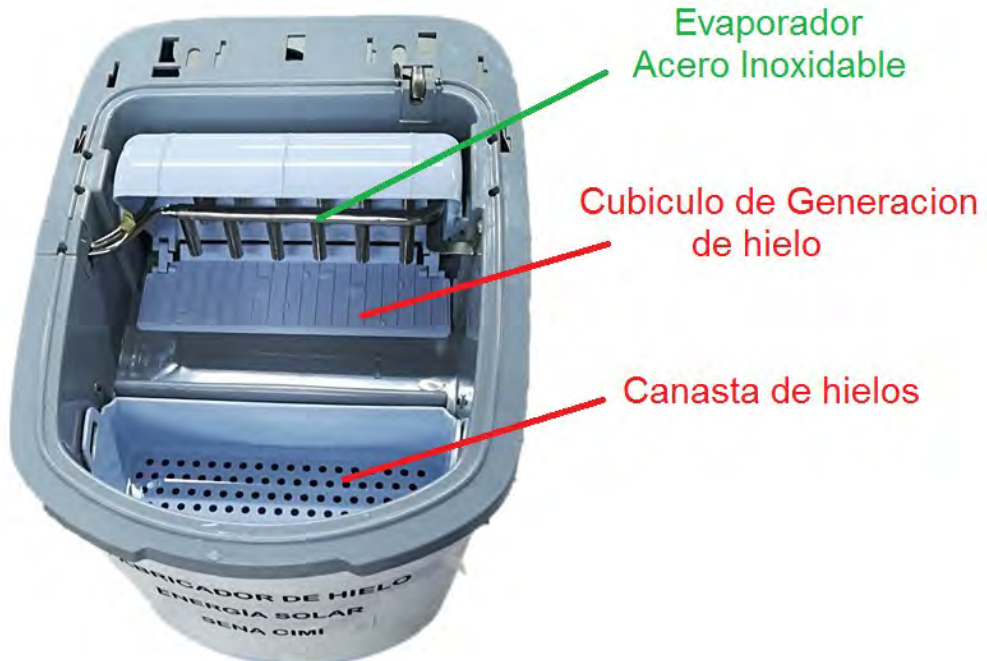
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 11:** Vista lateral derecha (Interna)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 12:** Vista superior (Interna)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 13:** Vista frontal (Instalación)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 14:** Vista superior (Instalación)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.



Figura 15: Vista Lateral Izquierda (Instalación)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Figura 16: Vista trasera (Instalación)



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

John Jairo Morales Quiñones es tecnólogo con experiencia en industria manufacturera, minera, industrial y de mantenimiento; destacando sus conocimientos en electro-gasodomésticos y refrigeración caracterizándose por el cumplimiento de objetivos, puntualidad, trabajo bajo presión, con experiencia en el área docente de refrigeración, ventilación y climatización en el Centro Industrial de Mantenimiento Integral SENA-CIMI mostrando habilidades necesarias para la preparación de futuros técnicos.

Yuddy Johanna Silva Chacón es técnico en formación de equipos de refrigeración, climatización y ventilación, a punto culminar mi etapa productiva en el centro industrial de mantenimiento integral SENA-CIMI, en la que he venido desarrollando proyectos de transformación del ambiente de refrigeración en el mismo centro donde realizo la etapa productiva.

Samuel Francisco Forero Ospino es aprendiz SENA, técnico en formación en equipos de refrigeración climatización y ventilación con énfasis en formación industrial y conocimientos básicos de mecánica y electricidad y procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de equipos de refrigeración en el centro industrial de mantenimiento integral SENA-CIMI evidenciando experiencias productivas para el progreso de la actividad.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN: 2590-5481

# DISEÑO Y VALIDACIÓN DE AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

DESIGN AND VALIDATION OF VERTICAL AXIS  
WIND TURBINE FOR CLEAN ENERGY GENERATION



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# DISEÑO Y VALIDACIÓN DE AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

## DESIGN AND VALIDATION OF VERTICAL AXIS WIND TURBINE FOR CLEAN ENERGY GENERATION

Rafael Guillermo Arzuaga Mejía,  
Tecnoparque nodo Valledupar  
Alexander Fuenmayor Mejía,  
Ángel Polo Córdoba,  
Fundación Universitaria del Área Andina

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un aerogenerador de eje vertical, que pueda ser fácilmente implementado como alternativa energética en viviendas que presente deficiencias en cuanto a este servicio, y de esta manera promover la igualdad de oportunidades y acceso a los servicios básicos de la población. Es importante resaltar, que la base de los diseños se basa en el aerogenerador Savonius, debido a que estos corresponden al tipo de aerogenerador más económico en cuanto a su construcción y materiales, además de que requieren poco mantenimiento a lo largo del tiempo.

La metodología a aplicada, en esta investigación se basa en la implementación de modelaciones para determinar posibles mejoras en el diseño del aerogenerador, además de realizar ensayos en un modelo a escala, construido utilizando la tecnología de impresión 3D, y con esto determinar su eficiencia. Para lograr esto, primero se presente \*Diseñar diferentes formas de aerogeneradores de tipo vertical y \*Modelar estos, para así \*Determinar de una forma teórica cuales son los diseños más óptimos, y posteriormente \*Realizar la validación y evaluación de estos prototipos en la realidad con el fin de determinar cuantitativamente parámetros como la eficiencia, revoluciones por minuto, potencia, entre otros, presentes en estos.

**Palabras claves:** Energía Eólica, Aerogenerador, Savonius, Energías Limpias, Diseño.

### ABSTRACT

The purpose of this paper is the design of a vertical axis wind turbine, which can be easily implemented as an energy alternative in homes that have deficiencies in this service, and in this way promote equal opportunities and access to basic services. The population. It is important to highlight that the base of the designs is based on the Savonius wind turbine, because these correspond to the most economical type of wind turbine in terms of construction and materials, as well as requiring little maintenance over time.

The methodology applied in this research is based on the implementation of modeling to determine possible improvements in the design of the wind turbine, in addition to testing in a scale model, built using 3D printing technology, and with this determine its efficiency. To achieve this, first present \* Design different forms of vertical type wind turbines and \* Model these, so \* Determine in a theoretical way which are the most optimal designs, and subsequently \* Perform the validation and evaluation of these prototypes in reality in order to quantitatively determine parameters such as efficiency, revolutions per minute, power, among others, present in these.

**Keywords:** Wind Energy, Wind Turbine, Savonius, Clean Energies, Design.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se ha visto que las grandes potencias están direccionando a explotar los recursos energéticos renovables, invirtiendo grandes recursos para lograr este objetivo que, si bien no es nuevo, está comenzando a tomar relevancia. Con esto, se busca que los países logren diversificar su matriz energética y de este modo lograr un sistema mucho más estable y amigable al ambiente. En el caso de Colombia, la matriz energética está constituida en su mayoría por el uso de combustibles fósiles y la generación hidráulica; si bien esta última es considerada como una energía limpia, es fácilmente susceptible a las condiciones climáticas y puede llegar a ser inestable como sucedió en la denominada "Crisis energética de 2015-2016".

Si bien, las energías limpias han sufrido un auge en los últimos años por la creciente conciencia ambiental, se puede considerar que hay mucho que hacer en este sector, ya que limitantes como la baja rentabilidad de proyectos de este tipo disminuyen la cantidad de implementaciones de los mismos; Desde el punto de vista de la energía eólica se presentan generalmente barreras relacionadas con los costos de estas tecnologías, y la ineficiencia de estas. Por consecuencia, en este trabajo se plantea la necesidad de realizar un prototipo de aerogenerador que busque aprovechar el recurso eólico de una forma eficiente, que pueda ser implementado fácilmente como generador en poblaciones con ineficiencias energéticas y que además sea una solución económica.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Energía Eólica: Moragues, J (2013) explica, que el calentamiento dispar de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de los vientos; estos pueden presentar variaciones a lo largo de un año, provocado por los cambios en las condiciones climáticas y estacionarias, traduciéndose así en variaciones de la intensidad y dirección de los vientos dominantes en cada uno de los puntos de la corteza terrestre. Adicionalmente, la velocidad del viento también puede variar dependiendo de la altura y fundamentalmente de la naturaleza del terreno sobre el cual se desplazan las masas de aire.

De este modo, Sánchez, N. (2016) afirma que la energía eólica tiene origen en el movimiento de las masas de aire, es decir, en el viento; Éste a su vez, representa una fuente de energía inagotable y disponible a nivel mundial aprovechable mediante el uso de sistemas aerogeneradores que buscan la conversión de la energía del viento en energía mecánica o eléctrica.

El viento es un recurso esencialmente variable y dependiente de muchos factores. La correcta utilización de la energía eólica exige tomar en cuenta velocidades medias, ráfagas, direcciones dominantes y eventuales obstáculos para seleccionar tanto los lugares de emplazamiento como las características constructivas (altura de la torre, velocidades máximas que soportan, velocidad de puesta en marcha, etc.) de las máquinas a instalar.

Energía Obtenible del Viento: La energía máxima obtenible del aire viene dada por la siguiente ecuación:

$$1) E_c = \frac{1}{2} * m * V^2$$

Donde

$E_c$  = Energía Cinética en *joule/s*

$m$  = Flujo de aire *kg/s*

$V$  = Velocidad del viento *m/s*

Si se tiene un área de captación  $A$ , el flujo de aire que atraviesa esta área suponiendo que la dirección del viento es normal a  $A$  es:

$$2) m = \rho * A * V$$

$\rho$  = Densidad del aire *kg/m<sup>3</sup>*

$A$  = Área de captación *m<sup>2</sup>*

La energía teórica máxima por unidad de tiempo y de área ( $A=1$ ) que podremos extraer de una masa de aire en movimiento, será entonces:

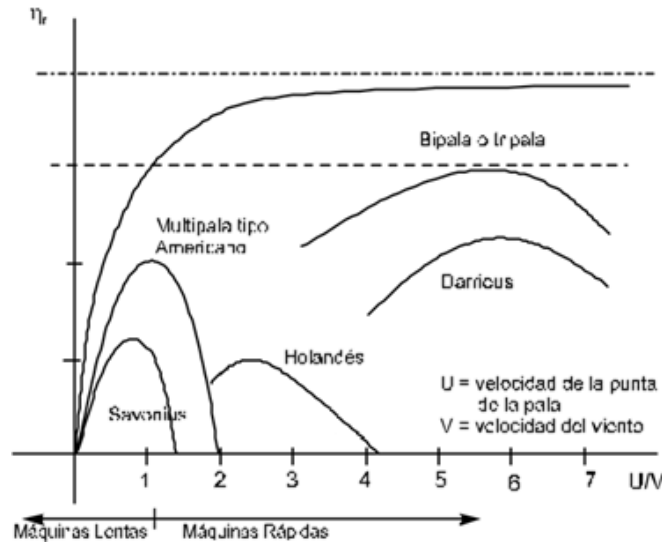
$$3) P_m = \frac{1}{2} * \rho * V^3$$

A esta energía se la denomina potencia meteorológica y se la expresa en *W/m<sup>2</sup>*

Moragues, J (2013) señala que la velocidad del viento, luego de atravesar la superficie de captación, no es nula, es por esto que la potencia dada por la expresión anterior no será totalmente aprovechable. Betz demostró que la máxima energía recuperable, con un aerogenerador ideal, es igual a 16/27 (aproximadamente un 60%) de la energía total que pasa por  $A$ . Tomando en cuenta que ningún rotor es ideal, para caracterizarlo es necesario conocer su eficiencia o rendimiento  $h$ .

El rendimiento  $\eta$  depende del tipo de máquina y de las condiciones del viento en el momento de su operación. En la Figura 1 se representan los rendimientos típicos de diversos tipos de rotores eólicos.

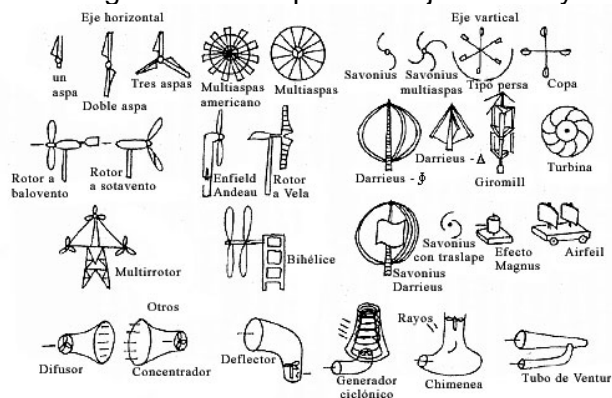
**Figura 1:** Rendimiento de los principales aerogeneradores con respecto al límite de Betz



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Aerogenerador:** En esencia, una turbina eólica o aerogenerador, es una turbo-máquina motora que intercambia una cantidad de movimiento con el viento, haciendo girar un rotor. En estas máquinas, la energía cinética del aire en movimiento proporciona energía mecánica a un rotor o hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánica, hace girar el rotor de un generador, convirtiendo la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. (Berdugo, O. 2011)

**Figura 2:** Aerogeneradores típicos de eje vertical y horizontal



Fuente: [http://mienergiasolar.es/energy\\_technologies/micro\\_wind.htm](http://mienergiasolar.es/energy_technologies/micro_wind.htm) 2017

Estos aerogeneradores se encuentran clasificados según las características de su diseño, siendo principalmente clasificados por la orientación de su eje de rotación o rotor. De esta forma se tienen los aerogeneradores de eje vertical y los de tipo horizontal ilustrados en la siguiente figura. (Sánchez, N. 2016)

**Aerogeneradores de Eje Vertical:** En este tipo de aerogeneradores, el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo y a la dirección del viento, son máquinas pequeñas en las cuales la torre no tiene que soportar el peso del generador y la caja multiplicadora; cuentan con la ventaja de que no necesitan sistemas de orientación. Esto es una gran ventaja, ya que no habría que diseñar ni fabricar estos mecanismos tan complejos de direccionamiento y se eliminarían los esfuerzos a los que se ven sometidas las palas ante los cambios de orientación del rotor. (Arbeloa Sola, L. 2012)

Se pude encontrar una gran variedad de diseños en los aerogeneradores de tipo vertical, cada uno de estos derivados o inspirados en tres modelos básicos de rotor: el tipo Savonius, Giromill y Darrieu. En el caso de esta investigación, el diseño del aerogenerador entra en la clasificación del tipo Savonius debido a su sencillez en la fabricación y bajo costo, anqué en contraposición, sea un diseño relativamente poco eficiente.

## **METODOLOGÍA**

En este apartado, se explicará descriptivamente la secuencia lógica empleada en el presente trabajo para el diseño y la evaluación de aerogeneradores de ejes vertical de tal manera de que cumpla con el objetivo final de un aerogenerador eficiente, económico y de fácil fabricación.

### *Revisión bibliográfica*

En esta etapa se recopiló y analizó información sobre las formas y tendencias en los diseños de aerogeneradores de tipo vertical.

### *Diseño y simulación del prototipo.*

Esta fase corresponde al diseño y testeo del prototipo para realizar estimaciones en aras de mejorar los diseños. En esta fase se tuvieron en cuenta las variables propias del modelo, como el número de palas, el dimensionamiento y forma del armazón y sus palas; además de probar el perfecto ensamblaje de las piezas del aerogenerador.

### *Impresión y ensamblaje del prototipo*

Corresponde a la impresión 3D de los prototipos y del encaje de las partes móviles y fijas. También se tiene en cuenta el uso de partes mecánicas como rodamientos.

### *Fase experimental y de evaluación*

Se plantea la necesidad de realizar testeos en túnel de viento a los prototipos, en función de determinar valores numéricos como curvas de eficiencia vs velocidad del aire, capacidad de generación energética, entre otros. Todo esto, con el fin de obtener la viabilidad de implementar estos prototipos en escenarios reales.



## RESULTADOS

Se idean bosquejos o ideas preliminares del diseño, además de los parámetros involucrados en este. Se establecen factores como las dimensiones límite por partes del aerogenerador, además del número de aspas, ángulo y demás parámetros de diseño. En esta instancia se optó por diseñar dos tipos de aerogeneradores con las siguientes características iniciales.

**Tabla 1:** Características iniciales de los dos prototipos diseñados

Aerogenerador	A4	A8
Numero de aspas	4	8
Angulo de separación entre aspas	90	45
Perfil aspas	Curvo	Recto

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Cabe aclarar, que el número de palas corresponde al número de hélices dispuestas en el eje del rotor; EL ángulo de separación de las palas es igual a la división de  $360^\circ$  entre el número total de palas; y finalmente, que en perfil de estas representa la forma de la hélice vista desde un plano vertical.

Adicionalmente, se tienen las siguientes consideraciones con respecto al diseño del aerogenerador:

- Su diseño debe ser sencillo, para así contar con un proceso de fabricación relativamente más económico.
- Evitar diseños que generen pérdidas en la potencia final del aerogenerador
- Sus partes deben ser fácilmente reemplazables
- El material por utilizar en su construcción debe ser económico y fácilmente reciclable

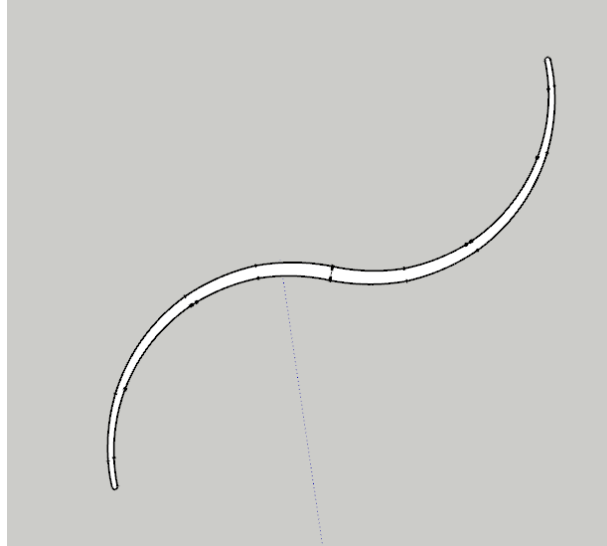
Diseño: Mediante el uso de software SketchUp para el diseño y modelado 3D, se generaron dos diseños de aerogenerador Savonius cuya principal diferencia, radica en diferencias de diseño del rotor.

### *Rotor*

El rotor constituye al componente que interactúa directamente con el viento, convirtiendo dichas corrientes de aire que poseen energía cinética en energía mecánica, la cual es transmitida al eje del rotor.

Para la creación de este componente, Inicialmente se partió por realizar el perfil a utilizar en el diseño de las hélices; este diseño es el observado en la Figura 3, en donde se puede denotar el uso de una forma cuasi semicircular, la cual varía en su grosor a lo largo de su curvatura, siendo las puntas del perfil, el lugar con menor grosor.

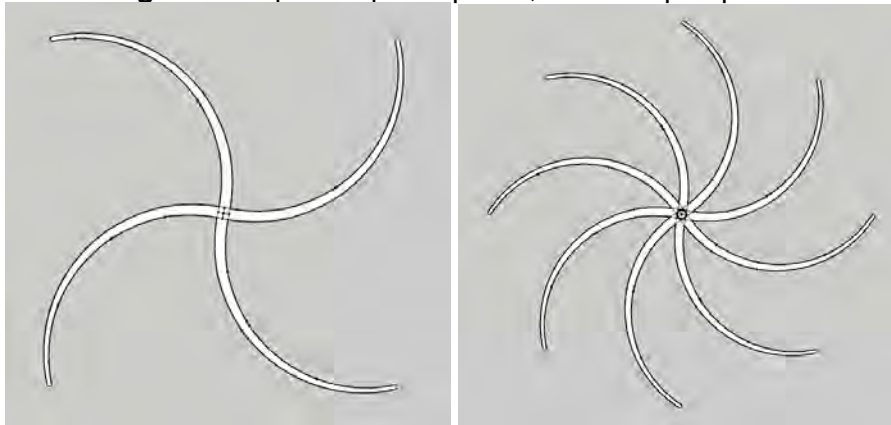
**Figura 3:** Perfil inicial utilizado para el diseño de las hélices del rotor.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para el caso del diseño A4, se utilizó un total de 4 aspas, mientras que en el caso del diseño A8 se utilizaron 8. Figura 4

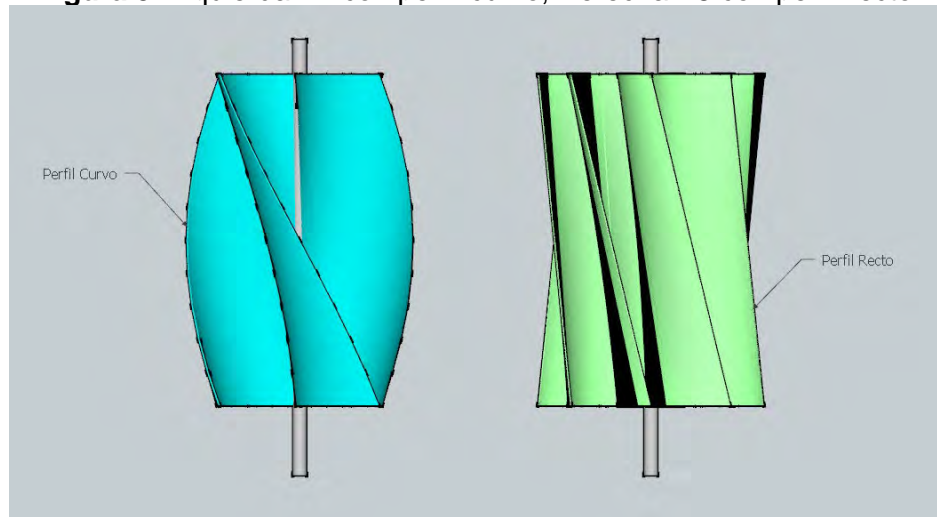
**Figura 4:** Izquierda prototipo A4, Derecha prototipo A8



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Luego de esto, se decidió el uso de dos perfiles de aspas diferentes, en donde el diseño A4 cuenta con un perfil curvo, a diferencia del A8 que cuenta con uno recto. Figura 5

**Figura 5:** Izquierda A4 con perfil curvo, Derecha A8 con perfil recto.



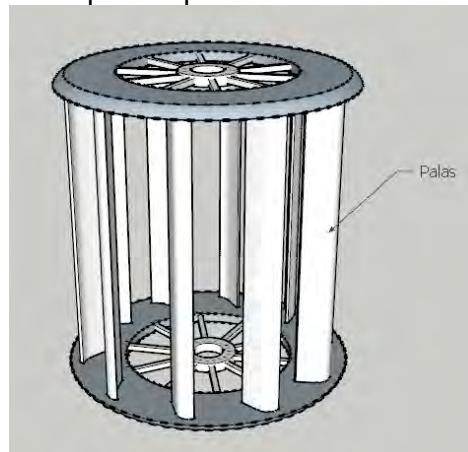
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Cabe resaltar, que en ambos diseños el eje del rotor (Cilindro gris) se encuentra ligado a todas las aspas presentes en el rotor.

#### *Armazón*

Adicional al rotor, se estipuló el uso de una estructura para concentrar la velocidad del aire que pasa por estas aspas. Este armazón cuenta con una serie de paletas dispuestas alrededor del rotor y que se encuentran orientadas en diferentes direcciones, buscando de esta forma un mejor direccionamiento de las corrientes de Aire. (Figura 6)

**Figura 6:** Armazón empleado para la direccionar las corrientes de aire



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El Prototipo: Para la construcción del prototipo, se optó por emplear la tecnología de la impresión 3D, empleando como material principal, el polímero ABS (Acilonitrilo butadieno estireno). Como consecuencia, se hizo necesario realizar un dimensionamiento adecuado de los diseños, teniendo en cuenta las limitaciones en términos de dimensión de la impresora.

Este ajuste en las dimensiones de los aerogeneradores dio como resultado, aerogeneradores de 25cm de alto por 20cm de ancho y alto (ver Anexos).

Una vez impresas las piezas, fueron ensambladas y ajustadas a presión. También fue necesario el uso de rodamientos (608-RS) para ajustar el rotor al armazón, permitiendo de este modo la rotación del eje.

## **CONCLUSIÓN**

Teniendo en cuenta los avances realizados en la investigación, es importante mencionar que se hace necesario realizar la evolución técnica de los prototipos para determinar parámetros como velocidad y dirección del viento, revoluciones por minuto del rotor y su eficiencia.

Adicionalmente, se resalta que la impresión 3D es una técnica bastante adecuada para la construcción de los aerogeneradores, debido a su precisión y velocidad al momento de la construcción de estos. Además de la posibilidad de escalar la impresión hasta tamaños capaces de generar suficiente potencia.

Por otro lado, las simulaciones en Unity son una buena herramienta para abstraer principios básicos de la física, pero no cuentan con el potencial suficiente como para simular sistemas de mayor complejidad, como lo es la interacción entre las corrientes de aire y un aerogenerador.

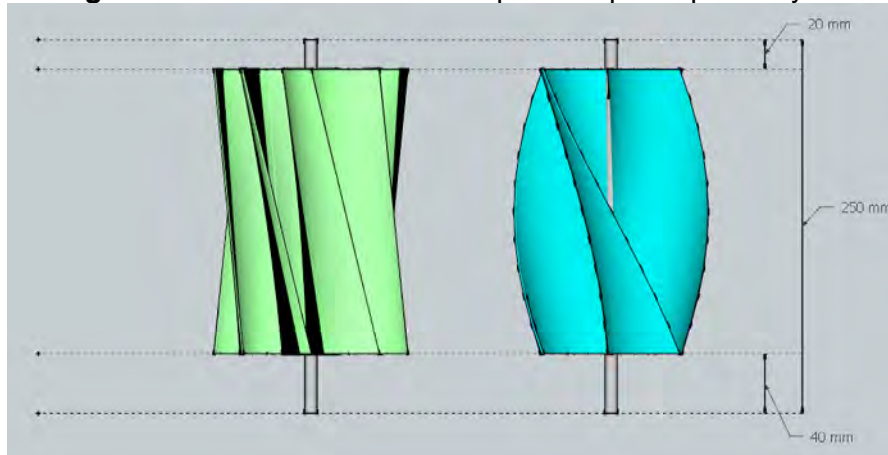
## **REFERENCIAS**

- Arbeloa Sola, L. (2012). Diseño de un aerogenerador de eje vertical tipo savonius para electrificación rural.
- Bazilevs, Y., Hsu, M. C., Kiendl, J., Wüchner, R., & Bletzinger, K. U. (2011). 3D simulation of wind turbine rotors at full scale. Part II: Fluid–structure interaction modeling with composite blades. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 65(1-3), 236-253.
- Berdugo, O., & Pérez, J. (2011). Diseño y construcción de un prototipo turbina eólica de eje vertical para generación a baja potencia. Universidad Industrial de Santander.
- Bianchi, F. D., Mantz, R. J., & De Battista, H. (2007). *The wind and wind turbines* (pp. 7-28). Springer London.
- Corral, C. P., Villalba, L. A. G., Caberta, R. Ñ., & Valenzuela, R. A. (2016). Diseño de un sistema Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua. *CULCyT*, (54).
- Crespo Pacheco, O., Rodríguez Gómez, J. A., & Román Flores, E. G. (2012). Propuesta de diseño aerodinámico de un aerogenerador de eje vertical (Doctoral dissertation).

- Gómez, L. M. J., Prins, N. M. A., & López, M. D. R. (2016). Valoración de opción real en proyectos de generación de energía eólica en Colombia. *Revista ESPACIOS* | Vol. 37 (Nº 26) Año 2016.
- Gutiérrez, R. V., Hernández, J. R. A., Ramón, J., Nieves, A., Alonzo, M. S. J. I. V., & Peña, M. S. B. L. SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN AEROGENERADOR DE BAJA POTENCIA Y DISEÑO PRELIMINAR DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE, COMO ALTERNATIVA PARA LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Wind energy explained: theory, design and application*. John Wiley & Sons.
- Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). *Energía eólica*. Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi", 3.
- Moya, A. F. DISEÑO DE UN AEROGENERADOR DE EJE HORIZONTAL DE 5 KW DE POTENCIA.
- Quijano Hurtado, Ricardo y Domínguez Bravo, Javier (2008): Diseño de un proyecto integrado para la planificación energética y el desarrollo regional de las energías renovables en Colombia basado en sistemas de información geográfica. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.),
- Rocha, L. (2011). ¿De dónde viene el nombre de Energía Eólica? Octubre, 2017, de IMF Business School Sitio web: <https://www.imf-formacion.com/blog/corporativo/ade/%C2%BFde-donde-viene-el-nombre-de-energia-eolica/> Sánchez Gallego, N. (2016). Diseño de un sistema híbrido eólico solar para el bombeo de agua (Bachelor's thesis, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira).
- Saha, U. K., Thotla, S., & Maity, D. (2008). Optimum design configuration of Savonius rotor through wind tunnel experiments. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(8), 1359-1375.
- Wang, K., Moan, T., & Hansen, M. O. L. (2013, June). A method for modeling of floating vertical axis wind turbine. In *proceedings of the ASME 2013 32nd international conference on ocean, offshore and Arctic engineering* (pp. 9-14).

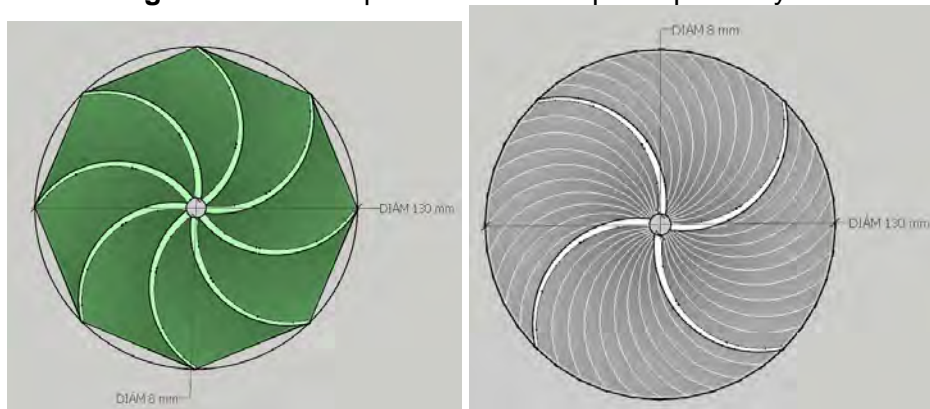
## ANEXOS

**Figura 7:** Modelos 3D del diseño para los prototipos A4 y A8



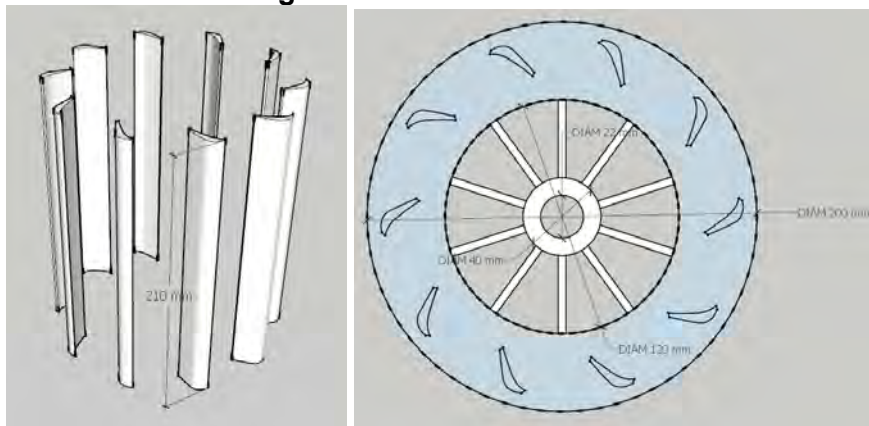
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 8:** Vista en planta rotores de prototipos A4 y A8



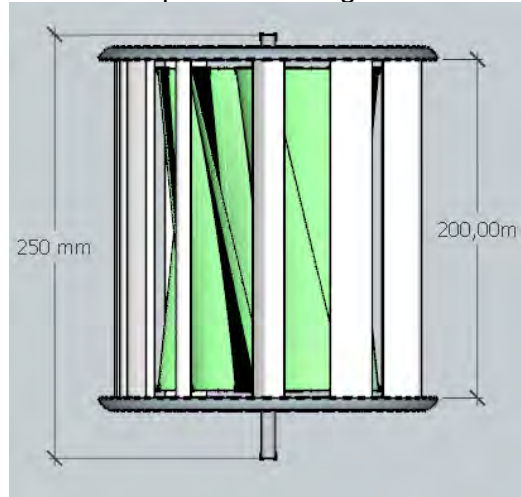
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 9:** Partes del armazón



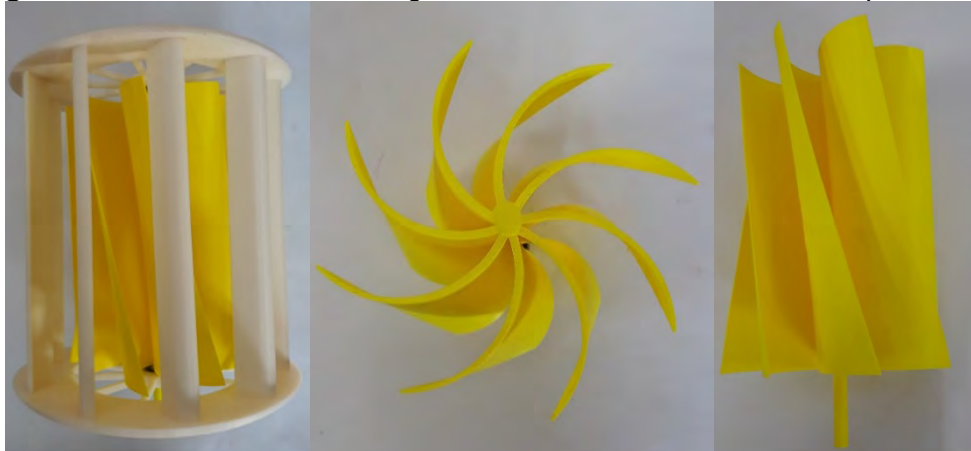
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 10:** Vista en perfil del aerogenerador ensamblado



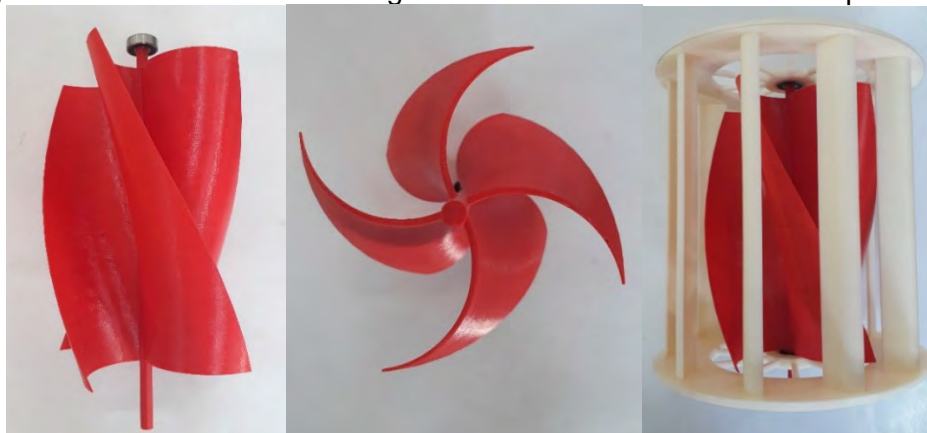
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 11:** Modelo a escala aerogenerador A8 creados mediante impresión 3D



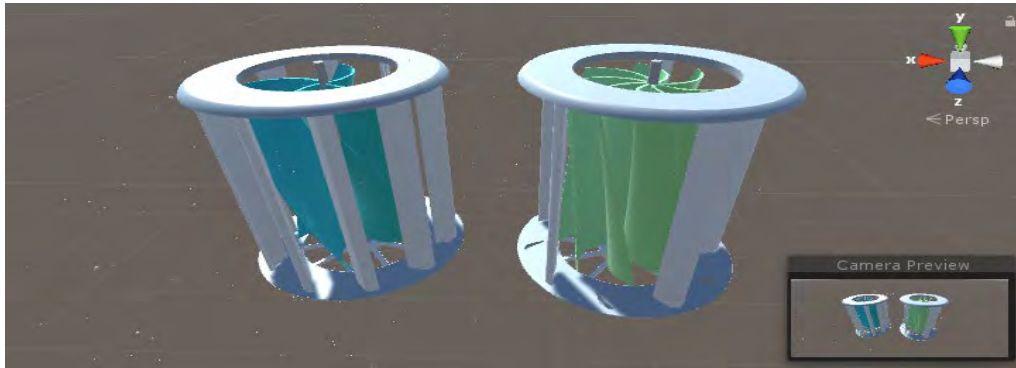
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 12:** Modelo a escala aerogenerador A4 creados mediante impresión 3D



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 13:** Simulación de los prototipos de aerogeneradores en Unity



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

Ángel Polo Córdoba: Doctor en Ingeniería, Profesional en Ingeniería Química. Con cinco años y medio de experiencia docente universitario; así mismo, con once años de experiencia investigativa distribuidos de la siguiente manera: posee experiencia en las temáticas de caracterización de carbón mineral, obtención de carbón activado y aplicación en procesos de adsorción en fase líquida para remoción de contaminantes tales como metales pesados y compuestos orgánicos recalcitrantes; Fortaleza en la obtención de biocombustibles, caracterización y evaluación de emisiones obtenidas en procesos de combustión de biocombustibles en llamas y motores de combustión interna, desarrollo de mecanismos de oxidación y cinética de combustión.

Rafael Guillermo Arzuaga Mejía: Candidato a Magister en Desarrollo de proyectos de Innovación, Especialista en Procesos e Innovación, y Profesional en Ingeniería Industrial, con experiencia en desarrollo, evaluación y acompañamiento de proyectos que cuentan con un alto componente tecnológico y de innovación, perteneciente a la Red Tecnoparque del SENA en la ciudad de Valledupar y perteneciente al grupo de investigación INVECOMM. Capacitado para asesorar, acompañar y evaluar proyectos que incorporan elementos tecnológicos y de innovación.

Alexander Fuenmayor Mejía: Estudiante de la Fundación Universitaria del Área Andina (Valledupar), en décimo semestre de ingeniería de ingeniería de minas llevando el énfasis minero-ambiental; Perteneciente al Grupo de Investigación Minero Ambiental (GIMA), con notable experiencia en el área de la investigación e innovación, específicamente en temas relacionados con la evaluación aprovechamiento de recursos renovables Solar y Eólicos, además de Aplicaciones de técnicas de teledetección. Contando con buenas habilidades en el aspecto de software, programación y diseño en ingeniería.





---

## EJE TEMÁTICO: POLÍTICAS PÚBLICAS Y SEGURIDAD ENERGÉTICA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

---

MAIN THEME:  
PUBLIC POLICIES AND ENERGY SECURITY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# PLAN DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS ECOAMIGABLES EN EMPRESAS DE BARRANQUILLA

TECHNOLOGY AND INNOVATION PLAN FOR THE  
DEVELOPMENT OF ECO-FRIENDLY POLICIES IN  
COMPANIES IN BARRANQUILLA



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **PLAN DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE POLÍTICAS ECOAMIGABLES EN EMPRESAS DE BARRANQUILLA**

## **TECHNOLOGY AND INNOVATION PLAN FOR THE DEVELOPMENT OF ECO-FRIENDLY POLICIES IN COMPANIES IN BARRANQUILLA**

Paulo Carrillo López,  
Jonathan Quant Colpas

### **RESUMEN**

El objetivo del proyecto es diseñar un plan de tecnología e innovación para promover políticas Eco amigables en las empresas de la ciudad de Barranquilla, contribuyendo a una educación multicultural e intercultural (inclusiva), ambiental y sostenible. La metodología empleada corresponde a una investigación exploratoria de carácter analítica, con estudio de casos, para validar las observaciones y mediciones hechas en las empresas objeto de estudio a partir de los referentes de éxito existentes. Como conclusión se pudo contemplar que en todo el proceso medioambiental el estado colombiano, aún presenta grandes vacíos en el proceso de implementación de políticas ambientales, sumado a la ausencia de disposición privada y pública para cambiar la consciencia individual y grupal para abordar el cambio disruptivo que estamos sufriendo, motivo por el cual es fundamental el desarrollo de un plan tecnológico Eco amigable que involucre los conceptos de organizaciones amigables ambientalmente a través de la educación multicultural e intercultural (inclusiva), ambiental y sostenible.

**Palabras claves:** Tecnología Innovación, Ecoamigable, Políticas, Empresas.

### **ABSTRACT**

The objective of the project is to design a technology and innovation plan to promote eco-friendly policies in companies in the city of Barranquilla, contributing to multicultural and intercultural (inclusive), environmental and sustainable education. The methodology used corresponds to an exploratory research of analytical character, with case study, and field trips to validate the observations and measurements made in the companies under study based on the existing success references. As a CONCLUSIÓN, it was possible to contemplate that in the whole environmental process the Colombian state still presents great gaps in the process of implementing environmental policies, together with the absence of private and public disposition to change the individual and group conscience to address the disruptive change that We are suffering, which is why it is fundamental to develop an Eco friendly technology plan that involves the concepts of environmentally friendly organizations through multicultural and intercultural (inclusive), environmental and sustainable education.

**Keywords:** Technology, Innovation, Eco friendly, Rule, Company.

## INTRODUCCIÓN

Una de las grandes deudas de la humanidad con todo lo que nos ha proveído la naturaleza, es la conservación de los ecosistemas y su gran diversidad a lo largo del planeta. Hoy en día muchos países (incluyendo Colombia) sufren de los efectos de los diferentes abusos que, en su mayoría, han realizado muchas organizaciones a lo largo de los últimos doscientos años. Sin embargo, la conservación del medio ambiente no es una tarea fácil si las compañías no realizan cambios en sus actividades cotidianas, con el ánimo de salvaguardar lo que hace algunos años parecían recursos ilimitados, pero que ahora sabemos que se pueden acabar con facilidad. Tal es el caso de nuestra ciudad, Barranquilla; la cual sufre los embates del cambio climático, la deforestación y la escasez de varios recursos naturales.

Por tal motivo el propósito del proyecto es diseñar un plan de tecnología e innovación para promover políticas Eco amigables en las empresas de la ciudad de Barranquilla, contribuyendo a una educación multicultural e intercultural (inclusiva), ambiental y sostenible.

Por otro lado, las organizaciones que han querido implantar y construir edificios ambientalmente amigables han adoptado legislaciones internacionales, por que la legislación en nuestro país para este sector aún no está reglamentada. Tal es el caso en Barranquilla del Centro Empresarial BC con sello Leed Oro, que está validado como ambientalmente responsable (US Green Building Council).

En otro aspecto, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término “cambio climático” ha llegado a ser sinónimo de “calentamiento global antropogénico”, o sea un aumento de las temperaturas por acción de los humanos. Cambio climático global (2015).

El proceso de desarrollo en todos los países con sus expectativas económicas, sociales, culturales y con los deseos de suplir las demandas de sus consumidores y el mismo deseo de la economía mercantilista, ha llevado a que los recursos naturales del planeta se vean abocados a unos límites inimaginarios, que con el transcurrir de los años se ha volcado en un proceso de deforestación total, permeando a gran parte del globo terráqueo, y cuyos antecedentes se habían vislumbrado desde la década de los setenta.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC nos advierte y da esperanzas, haciendo notar que reducciones significativas en las emisiones son no sólo económicamente, sino técnicamente factibles”. (Cambio climático global 2015). De esta manera, los científicos empezaron a darse cuenta de que muchas de sus acciones producían un gran impacto sobre la naturaleza, por lo que algunos especialistas señalaron la evidente pérdida de la biodiversidad y elaboraron teorías para explicar la vulnerabilidad de los sistemas naturales (Boullón, 2006). Uno de ellos es el llamado informe de Brundtland, que define como, "Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades del futuro, para atender sus propias necesidades". (Brundtland, 1987). De esta forma, se debe satisfacer las necesidades de la sociedad y de

su población, en lo que concierne a alimentación, vestimenta, vivienda, y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estaría encaminada a catástrofes de varias clases, incluidas las ecológicas y las humanitarias. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente, y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana. Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social, de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

Ante la incesante y creciente demanda en las organizaciones de la ciudad de Barranquilla, los diversos tratados de libre comercio con diferentes naciones del mundo y el poder desarrollar un ambiente competitivo a nivel internacional, la gestión ambiental tomada de manera preventiva representa grandes oportunidades para contribuir a resolver los problemas ambientales, ligados a la comercialización de productos y para que organizaciones y centros logísticos generadores de gran parte de residuos sólidos, puedan aprovechar el diseño e implementación de tecnologías para generar energía limpia, manejo de residuos sólidos, y el aprovechamiento de residuos bajo el esquema de reutilización y reciclaje de los mismos.

Las empresas Multinacionales con su desarrollo han creado cadenas de suministro a lo largo de todo el globo. Estas organizaciones deben trabajar para estimular un crecimiento compatible con la progresión económica, la inclusión social y la protección del medio ambiente, por lo tanto, se requieren más y mejores empleos en la sociedad, a fin de alcanzar el bienestar general y reducir los índices de miseria y pobreza que se dan en el país y continente. Todas las empresas Multinacionales, Mi pyme e incluso las de economía informal tienen la responsabilidad de abordar el cambio climático y la sostenibilidad ambiental, pues sus actividades afectan de alguna manera al medio ambiente. En la sociedad actual es cotidiano que surjan más consumidores con conciencia ecológica que piden a las empresas, la protección del medio ambiente en el diseño de sus estrategias comerciales e industriales, permitiendo que las necesidades de los consumidores se puedan satisfacer en concordancia con los intereses presentes y futuros de nuestra sociedad en un ambiente natural.

Estado del arte: El presente estado del arte de organizaciones y edificaciones ambientalmente amigables involucra el análisis de los mismos y de alguna manera, resume y organiza los resultados de las investigaciones que existen de manera reciente acerca de estas organizaciones a nivel nacional e internacional. Es por este motivo que se expondrán apartes que impactan el no manejo de Políticas ambientales en la población.

“Sin embargo, el mayor acontecimiento desestabilizador de los próximos 20 años probablemente no venga de la mano de un invento, sino del propio mundo que nos rodea, es decir, el del cambio climático.” (McManus B, 2009). Hacia la empresa ecológica, Schneider Electric). El cambio climático está asociado a los diferentes fenómenos que se presentan con mayor o menor incidencia en las regiones del mundo, tanta es la afectación de este gran fenómeno que impacta la salud de las personas que conviven en el planeta. Por ejemplo, la sequía en algunas regiones tropicales trae consigo mayor proliferación de enfermedades como el Dengue y el Chikungunya que son enfermedades víricas transmitidas a los humanos por mosquitos infectados.

De esta manera el desarrollo de organizaciones que utilicen políticas o estrategias Eco-Amigables, impactarán positivamente en el desarrollo y competitividad de la región donde compiten pues este tipo de políticas apoyan el mejoramiento de los recursos naturales como agua, aire, madera, y el resto de recursos que utilizamos para nuestro desarrollo personal e industrial.

Hoy día, con el proceso que sufren los productos y servicios en los cuales sus ciclos de vida son menores, el dominio logístico es un aspecto importante para el éxito competitivo. El reto de las organizaciones es, entender que existen políticas Eco-Amigables que aportan calidad al medio ambiente, viéndose plasmadas en la disminución de costos operativos, que se reflejarán en su manera de competir con empresas del mismo sector que no utilicen este tipo de estrategias ecológicas. “Hace poco tiempo, una importante empresa de refrescos sufrió estos efectos cuando el agua embotellada que vendían fue retirada del mercado británico por no haber superado las pruebas de calidad de la Unión Europea.” (Esty & Winston, 2006). Este caso es un vivo ejemplo para las empresas, puesto que si no están en sintonía con políticas ambientales y de calidad se enfrentarán a fracasos significativos dentro de la economía nacional y mundial.

En los diferentes sectores de la economía y en la historia de ésta, se ha visto cómo algunas empresas que no se prepararon para los cambios disruptivos, cayeron y desaparecieron por no tener prospectiva y pensar erróneamente. Tenemos los ejemplos claros de Kodak y la cámara digital, las casas disqueras como BMG que no se prepararon para el desarrollo de la música digital. También existen aquellas que vieron en esos cambios una oportunidad tal es el caso de Dell con su venta por internet, SAP, Oracle y el iPod de Apple, estos casos para mencionar los productos mundialmente conocidos.

En Colombia existen casos sostenibles y ambientalmente amigables liderados por organizaciones comprometidas con el desarrollo de las regiones donde operan como son: Corona, Schneider Electric, Carvajal, Alpina, Bio Hotel Organic Suites, todas con diferentes tipos de reducciones como: huella de carbono, disminución de consumo de agua, disminución de residuos sólidos, reciclado de agua, generación de energía renovable, uso eficiente del papel y financiación de proyectos sostenibles. En Barranquilla se destaca el desarrollo de la planta Fotovoltaica más grande del país en uno de los almacenes de la cadena Éxito, apostado sobre una de las avenidas más importantes de la ciudad que es la calle 30 específicamente en el almacén Éxito Panorama. No menos, pero en menor escala se tiene el colegio El Buen Consejo de las religiosas Hijas de Santa María de la Providencia que tienen un total de 100 paneles solares con el que disminuyeron los costos mensuales de su facturación de por lo menos el 10 % mensual.

Se destaca también la institución educativa Martinica ubicada en la zona rural de la ciudad Montería en el departamento de Córdoba, que cuenta con un sistema de energía solar fotovoltaica para abastecimiento 24 horas al día en el suministro de energía a cero costo, también le abastece energía a la estación de policía y al centro de salud, después de la jornada escolar.

En los últimos años el país ha tenido progresos importantes en materia de infraestructura y competitividad. (Bases plan nacional de desarrollo Colombia 2014- 2018). Estos cambios en la infraestructura del país en organizaciones son necesarios, pero se debe tener presente usar tecnologías verdes que ayuden a nuestra nación a ser sustentable y competitiva, aportando de manera sostenible y amigable con el medio ambiente a la

economía mundial, esto lo podemos evidenciar con el desarrollo de ciudades verdes en el mundo: Estocolmo, Hamburgo, Vitoria-Gasteiz, Bremen, Dongtan, Rotterdam y con aquellas que sin estar catalogadas como tal, también están aportando al desarrollo de sus naciones, como es el caso de Linz, Austria.

Los modelos de transporte de las ciudades de Colombia aún están rezagados en comparación con los estándares mundiales, Ciudades como Bogotá, están gestionando un proyecto con el Banco Interamericano de Desarrollo BID para tener transporte público con vehículos eléctricos, sin embargo, aún estamos atrás en la cadena de tecnologías verdes. En el año 2015, la Alcaldía de Bogotá invirtió una suma considerable de dinero al apostarle a la puesta en marcha de un parque automotor de motocicletas eléctricas para la policía que hoy día permanecen en un cementerio automotor, por múltiples circunstancias.

De acuerdo con los principios generales y el marco básico de la política de medio ambiente del Parlamento Europeo comenta que: “La política medioambiental europea se basa en los principios de cautela, prevención, corrección de la contaminación en su fuente y «quien contamina paga». Además, su aplicación es esencial.” (1993-2009 Política de medio ambiente. Parlamento Europeo). De lo anterior se sostiene la idea que las organizaciones en Europa deben asumir una práctica en sus métodos que sean amigables con el medio ambiente y subraya que debe ser esencial, y buscando migrar hacia una economía hipocarbónica.

En Colombia, aún no existe una política para la construcción de edificios ambientalmente amigables según informe de la Unidad de Planeación Minero Energética del Ministerio de Minas y Energía, el cual esboza un documento acerca de la Normatividad Ambiental y Sanitaria. Sin embargo, existen políticas para la protección de los diferentes recursos naturales de la nación. Por otro lado, las organizaciones que han querido implantar y construir edificios ambientalmente amigables han adoptado legislaciones internacionales para realizar sus procesos de levantamiento de estructuras.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

Según Oquendo (2012, p4-5) consumo responsable es un factor depende en gran medida de los consumidores y usuarios de todo lo que nos rodea, en la medida que cada uno es responsable de elegir uno u otro producto. Esto es una clara relación existente entre lo que se consume y los efectos que ese consumo tiene sobre el medio ambiente. Los factores que influyen en un proceso de consumo responsable, por un lado lo económico, por otro lo social y por último lo ambiental. La unión de estos tres elementos permite que se pueda dar un desarrollo sostenible, que conlleva a un consumo responsable, gracias a los resultados que se da dentro de las relaciones de cada uno de los factores: producción ecológica, conciencia ambiental y nivel de vida. Todo esto será el resultado de un proceso de producción ecoamigable y consumo responsable.

Como resultado de la constante innovación tecnológica, la tendencia a actualizar nuestros dispositivos, y la vida útil cada vez más corta de éstos, la basura electrónica es ahora el flujo de residuos más grandes y de más rápido crecimiento.

En el 2012, los mayores generadores de desechos electrónicos del mundo fueron los Estados Unidos, China, Japón, Alemania y Rusia, con cantidades que oscilan entre 1,5 y 9,4 millones de toneladas métricas, en Colombia estamos adentrándonos en el proceso de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos RAEE ley 1672 2013.

Se requiere tener un sentido de Responsabilidad Social Empresarial RSE para poder tener un proyecto sostenible, Reyno (2006) expresa en su documento lo siguiente: “La Responsabilidad Social Empresarial renueva la concepción de la empresa, otorgando a ésta una dimensión amplia e integradora, que va más allá de la mera cuestión económica en la que se incorpora perfectamente la triple faceta de la sostenibilidad: económica, social y medioambiental.”

En donde se entra en un modelo de empresa que socialmente esté siendo responsable, en la medida en que apoya la acción social, le importa la reputación empresarial, responde a la ética empresarial y promueve el marketing con causa social.

“El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto” (Rodríguez, 2003), es una herramienta que permite evaluar el nivel de impacto que la producción de un producto o sistema producto. (Oquendo, 2012).

Según el Centro Regional de Producción más Limpia (crpml), la producción más limpia "(...) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente." (Jaramillo, Barrera & Palacio, 2007), esto se refiere a una acción preventiva que se da antes de comenzar una producción con el fin de prever el nivel de impacto que se da en los seres humanos y el medio ambiente y, además, que se puede hacer para modificar para evitar el impacto alto, según sea el caso. (Oquendo, 2012).

En el proceso de fomentar las fuentes no convencionales de energía (FNCE) la región caribe cuenta con un grupo considerable de proyectos fotovoltaicos, que a septiembre de 2017 están recibiendo los respectivos certificados para los incentivos tributarios, en total 22 para el departamento del Atlántico. (UPME 2017).

Es plausible lo que han realizado compañías como Bavaria, Éxito y Triple AAA en su esquema de autogeneración de energía para reducir su dependencia del mercado energético.

Lo más crítico de la ley 1715, más conocida como ley de energías renovables es que aún no se ha reglamentado y esto tiene detenidos varios proyectos privados de generación de energía limpia y a varias compañías en stand by para la ejecución de los mismos.



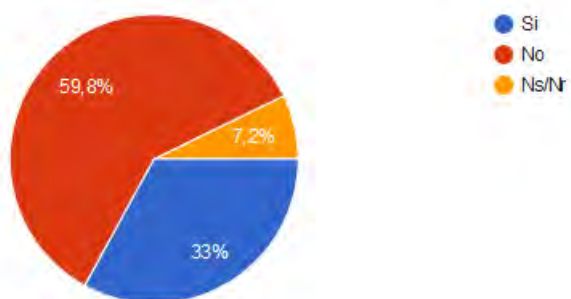
## METODOLOGÍA

### Instrumentos

Para el desarrollo de la investigación y acotando el primer objetivo específico del proyecto (Identificar el conocimiento que poseen los empresarios de Barranquilla en políticas Eco Amigables) se realizó una entrevista personalizada y una encuesta a empresarios de diferentes sectores empresariales, que facilitó conocer cuál era el grado de conocimiento de los directivos empresariales sobre las políticas ambientales y su deseo de poder ser partícipes de mejoras sustanciales en sus compañías.

En el grafico se muestra casi un 67 % de desconocimiento si unimos las dos respuestas entre los que NO y NS/NR.

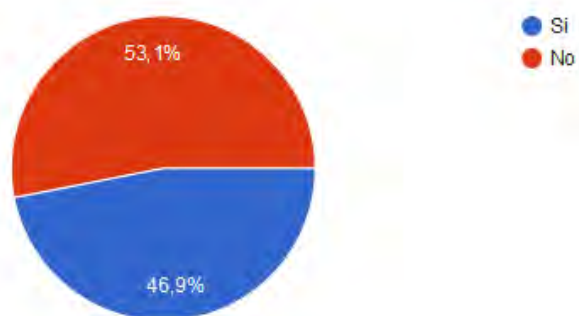
**Figura 1:** Conocimiento de políticas ambientales.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Dentro del conocimiento de cómo aplicar estas políticas ambientales en sus empresas y de cómo obtener beneficios tributarios en la gráfica 2 se muestra que más del 53 % de las empresas entrevistadas no poseen conocimiento de cómo hacerlo, sobre todo por la falta de reglamentación de la ley 1715 de FNCE.

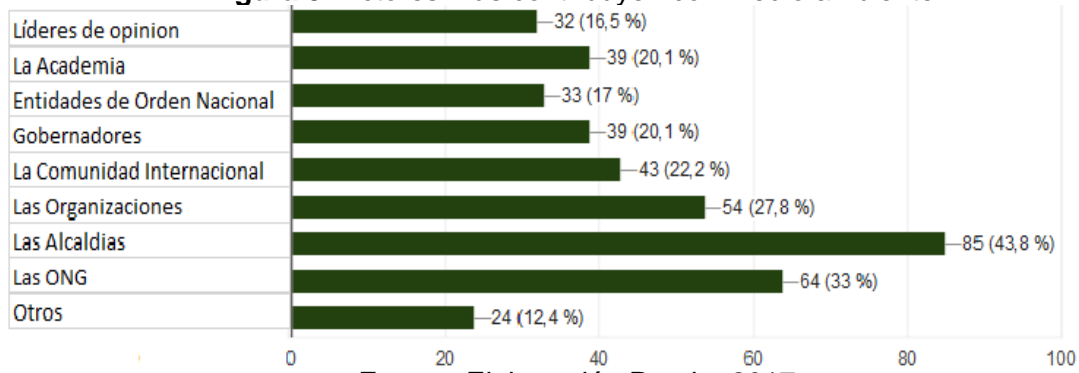
**Figura 2:** Aplicabilidad de Beneficios tributarios



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En el mismo instrumento de encuesta se pudo evidenciar que las percepciones de las diferentes personas que lideran los espacios de calidad en las empresas es diversa con respecto de quienes son los actores más representativos en el momento de referirse a quienes intervienen mejor en temas ambientales como lo muestra la figura 3 a continuación.

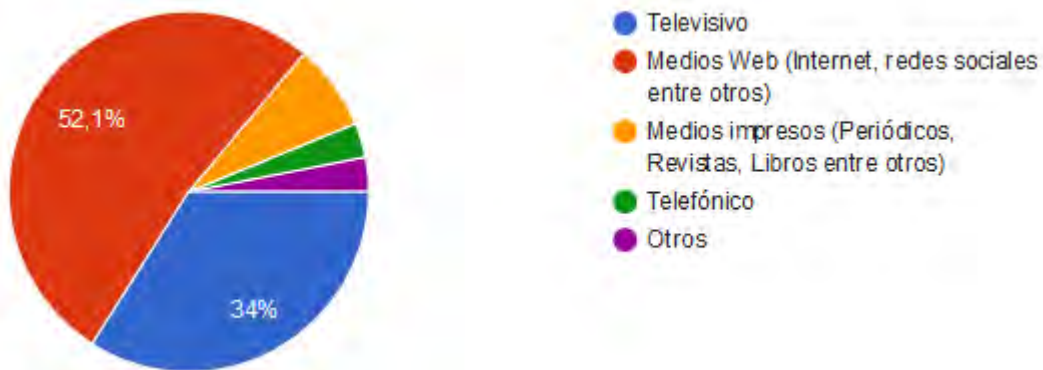
**Figura 3: Actores más contribuyen con medio ambiente**



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la figura 4 se muestra el medio informativo que es más utilizado para los directivos poder documentarse y sopesar las informaciones sobre regulaciones o temas ambientales en la ciudad de Barranquilla.

**Figura 4: Canales de comunicación usados**



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para la revisión de las buenas prácticas se formalizó la revisión documental para el objetivo dos (2), (Describir las buenas prácticas en las empresas base de estudio escogidas un plan de tecnología e innovación que promueva el desarrollo de políticas Eco Amigables) con fichas documentales, encuestas y un cuestionario.

La investigación se define como de tipo exploratoria teniendo en cuenta lo descrito por (Hernández R.1997) porque pretende desarrollarse sobre aspectos fundamentales que no han sido abordados o lo que existe de literatura es muy escaso frente a la problemática encontrada; de igual manera es de tipo descriptiva teniendo en cuenta lo expresado por (Dranke 1986) porque está basada en el análisis de los diferentes casos. En este sentido especial casos de éxito en el mundo, involucrando un ámbito de gestión que implica las decisiones políticas, públicas, la normativa jurídica y también un ámbito de intervención que analice las dimensiones físicas, social y económica donde se destacan componentes y hechos que permiten proyectar los escenarios futuros, partiendo de la realidad que hoy conocemos.

Atendiendo el tipo de investigación se realizó a través de un diseño de campo porque se realizaron observaciones y mediciones a las empresas objeto de estudio, basándose primero en referentes de éxito a nivel nacional.

## Hipótesis

¿De qué manera un plan de tecnología e innovación podría promover o dar a conocer la implementación de políticas Eco amigables en las organizaciones de la ciudad de Barranquilla?

## Población y muestreo

La población que se tomó de referencia corresponde a todas las empresas de Barranquilla, que son factibles de aplicar políticas ambientales, en alguno de sus procesos, permitiendo el desarrollo innovador y social del sector donde se desarrollan. En total se cuenta con una población de 1079 empresa sectorizadas por número de empleados mayores a 10, y por sus diferentes actividades económicas como actividades de servicio administrativo, educación, actividades financieras, comercio al por mayor y menor, construcción, industrias manufactureras, información y comunicaciones, transporte y almacenamiento de mercancías.

En el siguiente gráfico se observa el número y monto total de sociedades constituidas en el Departamento del Atlántico, según sectores económicos a diciembre 2010.

**Figura 5:** Sociedades constituidas en la Regional Atlántico.

Actividad económica <sup>3</sup>	Número		Valor (Millones de pesos)		Variación porcentual	
	2009*	2010	2009	2010	Número	Valor
Total	2.329	2.677	72.403	116.814	14,9	61,3
Agropecuaria	92	111	14.644	210	20,7	-98,6
Explotación de minas	18	11	519	112	-38,9	-78,4
Industria	221	279	2.380	4.269	26,2	79,3
Electricidad-gas-agua	6	4	17	150	-33,3	*
Construcción	168	238	4.165	3.283	41,7	-21,2
Comercio	789	785	23.351	6.176	-0,5	-73,6
Transporte	150	164	2.986	3.845	9,3	28,8
Finanzas	683	865	21.193	97.001	26,6	357,7
Servicios	202	220	3.148	1.768	8,9	-43,8

Fuente: Cámara de Comercio de Barranquilla (CCB). Cálculos: Banco de la República, Estudios Económicos Barranquilla.

Fuente: Elaboración Propia, 2010.

La muestra empresarial estará representada por un (1) piloto de empresa, del sector de la industria de plásticos, y que estará en disposición de realizar mejoras en sus procesos, conducentes a mejorar sus ciclos productivos impactando en el medio ambiente y convirtiendo parte de sus procesos en mejoras económicas y ambientalmente amigables,

desde sus proyecciones económicas, es claro que las inversiones en FNCER son onerosas, pero debería preguntarse si cuando se dio la comercialización de los primeros celulares también fue elevado su costo para el momento, y es una regla del comercio que así funcione este esquema, en tanto las compañías medianamente no tienen el músculo financiero apropiado para solventar estas inversiones, sobre todo si la economía en este tipo de empresas está resultando un poco difícil de ejecutar debido a las situaciones económicas de la ciudad y cuando su mayor eje de desarrollo para su gestión empresarial es el sector construcción que es el mayor cliente en la empresa piloto.

### **Criterios de Inclusión**

A continuación se presenta los criterios de clasificación para todas aquellas empresas que contengan las siguientes condiciones como parte básica para poder desarrollar la investigación: Empresas situadas en la ciudad de Barranquilla, Empresarios con disposición para estudios piloto, Compañías con disposición total a realizar procesos de mejora continua, Organizaciones con disposición de recurso económico y humano orientado al desarrollo e implementación de políticas Eco amigables, Directrices gerenciales claras hacia el enfoque medio ambiental, Empresas que tengan convenio de aprendices en contrato de aprendizaje.

### **Criterios de Exclusión**

Los criterios que se establecieron para clasificar las empresas que se excluyen de la investigación son: cumplir con al menos uno de los criterios de inclusión, Empresas situadas fuera de la ciudad de Barranquilla, Empresarios sin disposición para estudios piloto, Compañías sin disposición total a realizar procesos de mejora continua, Organizaciones con escasez de recurso económico y humano orientado al desarrollo e implementación de políticas Eco amigables, Directrices gerenciales confusas o vagas hacia el enfoque medio ambiental, Empresas que no tengan convenio de aprendices en contrato de aprendizaje SENA.

## **RESULTADOS**

Para el desarrollo de la investigación se siguieron los siguientes pasos:

1. Revisión de literatura.
2. Solicitud de base de datos de empresas en la ciudad de Barranquilla.
3. Contacto con las empresas referentes a nivel nacional.
4. Solicitud de visitas a empresas referentes a nivel nacional.
5. Visitas a una parte de las empresas referentes a nivel nacional.
6. Realización de entrevistas a empresas referentes.
7. Realización de encuestas a personal del área de calidad de las empresas referentes.
8. Tabulación de resultados.
9. Organización de la base de datos de empresas de Barranquilla.
10. Contacto empresariales de líderes empresariales de la ciudad de Barranquilla.
11. Visitas a empresarios dispuestos a trabajar e implementar proyecto de políticas ambientales.

12. Contacto con personal directo del área de calidad de las empresas seleccionadas de la ciudad de Barranquilla.

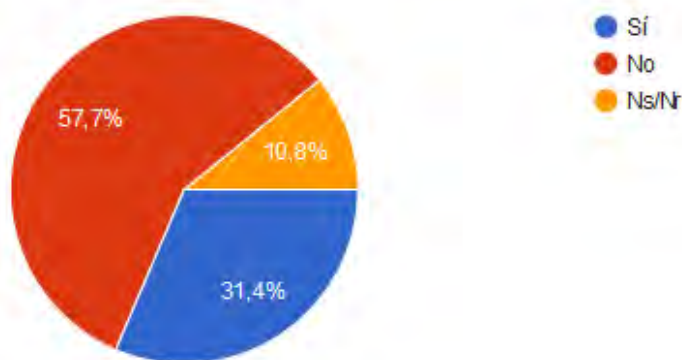
Los datos recogidos en las empresas interesadas en la mejora e implementación de procesos ambientales arrojaron los siguientes resultados:

Un gran porcentaje de los empresarios si han escuchado y leído sobre la convención COP21, sin embargo, con respecto a si sabe de las políticas internacionales respecto al medio ambiente en su gran mayoría se desconoce en una proporción del 95%.

Después de realizar contacto directo con el personal de calidad de las empresas se pudo analizar que, aunque están involucrados en procesos de calidad por sus acepciones de normas ISO, no es preciso el trabajo que realizan sobre políticas ambientales propiamente dicho, debido a que sus objetivos puntuales están en el mejoramiento de los procesos empresariales a su cargo desde el punto de vista organizacional más no desde el concepto Ecoamigable o ambientalmente amigable.

El 31.4% de las organizaciones si están interesadas en poner en marcha estrategias y políticas ambientales, sin embargo, el 57.7 % de estas no utiliza por lo menos algún tipo de producto Ecoamigable en sus empresas para la realización de sus actividades.

**Figura 6:** Utilización de Productos Eco



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## Discusión

En Colombia existen algunas normas alusivas al medio ambiente que están consignadas en la Constitución Política de la República, las cuales se referencian a continuación: (Peña Rojas, 2008)

1. Medio Ambiente como derecho colectivo, fundamental y principio rector del Estado Colombiano (Art. 7, 8, 49, 67, 79, 80, 81, 82, 95 y 215).
2. Medio ambiente como derecho colectivo social o fundamental (Art. 79, 88, 330).
3. Medio ambiente como paradigma de un nuevo modelo de desarrollo estableciendo un vínculo entre el medio ambiente y desarrollo (Art. 333, 334, 339, 340 y 36).
4. Medio ambiente como condicionante de la propiedad privada, la economía y las empresas (Art. 58, 63 y 66).
5. Medio ambiente como componente de la política internacional (Art. 226).

6. Medio ambiente en relación con la estructura organizativa y funcional del estado (Art. 267, 268, 277, 282, 289, 298, 310, 313, 317, 330 y 331).

7. Fiscalización y Control de la Gestión Ambiental, función encomendadas a las Contralorías y dentro de la cual se incluye el ejercicio de control financiero, de gestión y de resultados fundamentados en la eficiencia, la economía, la equidad y la valoración de costos ambientales, así como la obligatoriedad del Contralor de presentar un informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente (Art. 267 y 268).

La Ley 99 de 1993 dio vida a la mayor reforma ambiental emprendida por el país en toda su historia, para proponer un nuevo esquema de gestión ambiental con mayor estatus, recursos e instrumentos de los que jamás tuvo. El Sistema Nacional Ambiental SINA propone integrar a los diferentes agentes públicos, sociales y privados involucrados en el tema ambiental con el fin de promover un modelo de desarrollo sostenible, a través de un manejo ambiental descentralizado, democrático y participativo.

Con el mismo nivel protagónico en la gestión, hacen parte del SINA otras entidades estatales que desempeñan funciones vertebrales, y que se conocen como "SINA territorial": es el caso de los entes territoriales (municipios, departamentos, territorios étnicos), donde debe ejecutarse la política ambiental nacional a nivel local, con asesoría de la Dirección de Política Ambiental - DPA- del Departamento Nacional de Planeación – DNPEI "SINA sectorial o transectorial" está representado por los ministerios, algunos institutos y demás entidades estatales con responsabilidades ambientales, tales como Inviás o Corpoica. Son también actores de los organismos de control como la Contraloría, la Procuraduría y la Defensoría del Pueblo delegadas en lo ambiental.

Estos elementos fomentan la política ambiental de Colombia, lo cual nos invita a reflexionar sobre ¿por qué no se ha implementado plenamente?

Parte de la temática sobre organizaciones ambientalmente amigables que hasta el momento se conoce, no ha sido involucrada en la planeación estratégica nacional de Colombia, sin embargo, a nivel internacional tiene unos referentes muy positivos en términos de competitividad en los territorios donde se ejerce. De esta manera se desarrolla esta investigación, con el propósito de buscar y documentar los aspectos fundamentales de la problemática y encontrar las formas adecuadas para desarrollar una investigación cada vez más específica que aumente el grado de confianza con los conceptos de organizaciones amigables ambientalmente en la ciudad de Barranquilla.

Mientras el mundo cambia, y en específico hacia las renovables, Colombia aun presenta rezagos y el aparato productivo también.

## **CONCLUSIÓN**

En todo el proceso medioambiental el estado colombiano, con un número considerable de políticas mediadas por la constitución política y varios ministerios dentro de esos el ministerio de medio ambiente, aún presenta grandes vacíos en el proceso de implementación de estas mismas legislaciones, sumado a la ausencia de disposición privada y pública para cambiar la consciencia individual y grupal para abordar el cambio disruptivo que estamos sufriendo, motivo por el cual es fundamental el desarrollo de un

plan tecnológico Ecoamigable que involucre los conceptos de organizaciones amigables ambientalmente a través de la educación multicultural e intercultural (inclusiva), ambiental y sostenible.

Sobre todo, considerando que desde el año 1997 es una norma el proceso de producción limpia, es decir el estado colombiano lleva más de dos décadas sin contemplar la gran posibilidad de mermar las dificultades que se presentan con los procesos de producción de energía más limpia, por contemplar una de las tantas situaciones que se hayan podido abarcar en medio de todo el proceso de políticas Ecoamigables en el territorio colombiano.

Hay escasez de disposición privada y pública para cambiar la consciencia individual y grupal para abordar el cambio disruptivo que estamos sufriendo, debido a la falta de previsión de los gobiernos pasados y del estado en pos del medio ambiente.

Es evidente hoy día que los países donde existen incentivo para la generación de energía limpia, los recursos de fuentes convencionales han ido en baja considerable y en los lugares donde existen la oportunidad de usar fuentes eólicas o fotovoltaicas, esas economías son intensivas en carbono y emisiones de gases efecto invernadero.

En la costa caribe escuchamos sobre 19 proyectos de energía que nos expone el diario el heraldo en publicación del año 2016, obsérvese la figura 7.

**Figura 7: Proyectos de energía**

Empresa/Agente	Nombre proyecto	Capacidad (Mw)	Ubicación	Tipo
Jemeek WS	Jemeek WS/Irraipa	99	La Guajira	Eólica
	Jemeek WS/Carrizal	195	La Guajira	Eólica
	Jemeek WS/C. Eléctrica	180	La Guajira	Eólica
	Jemeek WS/Apotolorro	75	La Guajira	Eólica
	<b>TOTAL</b>	<b>549</b>		
Isagén	Isagén Guajira II	400	La Guajira	Eólica
	Isagén Guajira II	20	La Guajira	Eólica
	Wayuu S.A.	12	La Guajira	Eólica
	<b>TOTAL</b>	<b>432</b>		
Bengoa	Bengoa 80	82	La Guajira	Eólica
	Bengoa 200	250	La Guajira	Eólica
	<b>TOTAL</b>	<b>332</b>		
Begonia Powers S.A.	Acacia	80	Maicao	Eólica
	Camelia 1	99	Maicao	Eólica
	Camelia 2	99	Maicao	Eólica
	<b>TOTAL</b>	<b>278</b>		
Technoelite	Atlántico Solar I Baranoa	19,3	Atlántico	Solar
Technoelite	Atlántico Solar II Polonuevo	10	Atlántico	Solar
CSI Valledupar S.A.S.	Cesar Solar II	20	Valledupar	Solar
CS II Bosconia S.A.S.	Cesar Solar II Bosconia	16	Cesar	Solar
CS III S.A.S. E.S.P.	Cesar Solar II Cascajales	16	Cesar	Solar
Awarala C. Eléctrica	Awarala Central Eléctrica S.A.	19,90	Sucre	Solar
Green Caribbean S.A.S.	Manantial	19	Valledupar	Solar
	<b>TOTAL</b>	<b>120,2</b>		

Fuente: El Heraldo, 2016.

¿Es posible contemplar la mejora de sistemas de transporte masivo con energías limpias (metro) que el impulso de vehículos eléctricos, como la proyección que está realizando El UPME de 400 mil con horizonte 2030? También es cierto que es mejor tener autos eléctricos que autos de combustibles fósiles.

Podemos mencionar también que empresas como EPM expresa que se deben aprovecha este tipo de recursos para completar la matriz energética de Colombia, no sea que nos

veamos avocados en un tiempo a lo sucedido en el año 1992 con los famosos apagones eléctricos en todo el territorio colombiano

## REFERENCIAS

- Álvarez Bosch, L., Peña, J., & Suriñach, S. (2009). La materialización de ideas.
- Brown L, Larsen J, Roney J, Adams E. 2015. La gran transición: de los combustibles fósiles a la energía solar y eólica. Eco ediciones:Andesco:CEID.
- Busquets J, Cabrerizo J. <https://www.harvard-deusto.com/javier-cabrerizo>.
- CINU.<http://www.cinu.mx/temas/medio-ambiente/medio-ambiente-y-desarrollo-so/>
- Creus Solé, A. (2014). Energías renovables. 1st ed. Bogotá, D.C.: Ediciones de la U Limitada.
- Cambio climático global (2015).Cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero. Recuperado. <http://cambioclimaticoglobal.com/conclusi>.
- Centro de información de las naciones unidas (CINU).Medio ambiente y desarrollo sostenible. Recuperado. <http://www.cinu.mx/temas/medio-ambiente/medio-ambiente-y-desarrollo-so/>.
- De Gatta D. 2004.Derecho ambiental: aspectos generales sobre la protección jurídica del medio ambiente. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1010577>
- Enciclopedia de Ejemplos. (2016). 10 Ejemplos de Tecnologías Limpias. Recuperado de: <http://www.ejemplos.co/10-ejemplos-de-tecnologias-limpias/> Esty, Daniel y Andrew Winston.2006. Green to Gold: 1ª edición. Yale University Press).
- García Arbeláez, C , G Vallejo, M L Higgins y E M Escobar 2016 El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático 1 ed WWF-Colombia Cali, Colombia 52 pp
- <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2499438.pdf>
- Interconsulting bureau S.L, Aprovechamiento de energías renovables ICB Editores. 1a Edición.Bogotá 2015
- Jaramillo, M., Barrera, A. & Palacio, M. (2007). GERENCIA, E. E. G. Y., SIERRA, C. A. G., & CEIPA, I. U. Producto Biovida (Abono y Organico).
- Lester R, Larsen J, Matthew J, Adams E. The great transitions. Ecoe ediciones y CEID.2015
- OIT. Desarrollo de empresas sostenibles [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---ed\\_emp\\_msu/documents/publication/wcms\\_185282.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ed_emp_msu/documents/publication/wcms_185282.pdf)Porter M. 2013. Ventaja competitiva 11a reimpresión. México



Pérez, C. (2010). Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. Revista Cepal.  
Porter M. 2013. Estrategia competitiva. Cuadragésima reimpresión. México 2012  
Garzón, P. A. (2012). Morera: diseño de productos eco-amigables desde su concepción (Bachelor's thesis).

Reyno, M., & de Valparaíso, I. C. U. (2006). Responsabilidad Social como Ventaja competitiva. Y EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL, 95.

Rodríguez, B. I. R. (2003). El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental. Boletín iE, 91-97.

Viñolas Marlet, J. (2005). Diseño ecológico. Blume, Barcelona.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Paulo César Carrillo López: Magister Dirección y Administración de Empresas (MBA). Administrador de Empresas. Instructor-Investigador SENA Gestión Logística, Mercadeo y Comercio con 4 años. Técnico Profesional en Supervisión de Operaciones Logísticas. Auditor de calidad norma ISO 9001- 2000. Experiencia en normas ISO; Conocimiento y Gestión en norma OHSAS 18001 y norma ISO 14001.

Jonathan F. Quant Colpas: Maestría en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos - Universidad Internacional de la Rioja (Cursando). Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia Informática, Especialista en Logística, Instructor desde hace 7 años, SENA.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA POR BIOMASA A TRAVÉS DE MAPAS TECNOLÓGICOS

DETERMINATION OF ELECTRIC POWER GENERATED  
BY BIOMASS THROUGH TECHNOLOGICAL MAPS



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA GENERADA POR BIOMASA A TRAVÉS DE MAPAS TECNOLÓGICOS

## DETERMINATION OF ELECTRIC POWER GENERATED BY BIOMASS THROUGH TECHNOLOGICAL MAPS

David Franco Borre,  
Raúl José Martelo Gómez,  
Luis Carlos Tovar Garrido,  
Universidad de Cartagena

### RESUMEN

La energía de biomasa para la generación de energía eléctrica es una alternativa incorporada en diversos países para fomentar el desarrollo de energías renovables, aprovecha la reutilización de materiales en sus tres estados físicos para la producción de energía e ir reduciendo su dependencia en combustibles fósiles que contaminan el medio ambiente. Esta alternativa crea electricidad a través de sus aplicaciones de conversión, lo cual es importante conocer su producción de energía para medir las distancias entre las tecnologías fósiles y limpias. El objetivo de este artículo es conocer los estimados aproximados de energía que genera la producción de biomasa a través de la herramienta Mapas Tecnológicos, creando un pronóstico a largo plazo para su implementación.

**Palabras clave:** Generación Eléctrica, Energías No Renovables, Energías de Biomasa, Mapas Tecnológicos, Prospectiva, Energía Alternativa.

### ABSTRACT

The biomass energy for the generation of electric energy is an alternative incorporated in several countries to foment the development of renewable energies, to take advantage of the reutilization of materials in its three physical states for the production of energy and to reduce its dependence on contaminating fossil fuels environment. This alternative creates electricity through its conversion applications, which is important to know its energy production to measure the distances between fossil and clean technologies. The objective of this article is to know the approximate estimates of energy generated by biomass production through the Technological Maps tool, creating a long term forecast for its implementation.

**Keywords:** Electric Generation, Non Renewable Energies, Biomass Energies, Technological Roadmaps, Foresight, Alternative Energy.

## INTRODUCCION

Las energías renovables o limpias son aquellas que al generar energía, no producen contaminación al medio ambiente y sus recursos son extraídos de la naturaleza, reutilizándose o sin acabarse, estos recursos abundan en todas partes de la tierra y son el reemplazo a futuro de las energías contaminantes o fósiles (Alkirabi, 2014).

Los combustibles fósiles tradicionales consumen el 80% de la energía del planeta y son los principales causantes del gas de invernadero en el planeta por sus desechos arrojados a la atmosfera, afectando la calidad de vida de la población. Además, este recurso es limitado en el planeta debido a que regenerarlo cuesta millones de años para formarse, afectando la dependencia económica a nivel mundial, es por esto que uno de los tipos de energías renovables que está en crecimiento es la biomasa, es el termino general para el material derivado de plantas, madera, desechos industriales, humanos o animales, gracias a esta alternativa, la solución a esto es remover poco a poco la dependencia a los combustibles contaminantes y diversificar la creación de energía eléctrica a través de las energías renovables como lo es la creación de biomasa (Khoshnava, Lamit, Mardani, Rostami, & Streimikiene, 2017).

La biomasa cuenta con diferentes avances en tecnologías de conversión de energías que el ser humano puede utilizar para distintas aplicaciones, que varían dependiendo la composición de la biomasa como lo es su masa, densidad, tamaño y suministro disponible. Debido a esto, estas tecnologías industriales son híbridas con procesos de combustible fósil con biomasa para poder realizar sus procesos. Estas tecnologías se dividen en termoquímicas y bioquímicas: Las primeras se utilizan para producir energía en diferentes formas a través de métodos como la pirolisis, carbonización, gasificación y licuefacción catalítica. La segunda utiliza microorganismos para el tratamiento y conversión de compuestos orgánicos que cuentan con los procesos de fermentación anaeróbica, metano y etanol (Kumar, Meena, Sharma, & Sharma, 2014).

La industria energética ha aumentado mucho en la última década desde la expansión de nuevas alternativas como lo es el uso de la biomasa, en países industrializados se utiliza la biomasa para generar el 35% de la producción anual de energía y en países en desarrollo el 3% (Demibas, 2007). Sus tecnologías han permitido aprovechar todo tipo de elementos que proporciona este recurso, como lo es la utilización de los desechos orgánicos e inorgánicos en Libia para para la generación de energía a través de la conversión bioquímica y termoquímica (Abduljakim, Hamad, Hamad, & Sheffield, 2014), la genera de combustibles y químicos renovables a través del proceso térmico de la biomasa en reino unido (Bridgwater, 2007), y la selección de la biomasa en china aprovecha los máximos beneficios sociales por la utilización de los desechos de todas las áreas de país (Li-bo & Tao, 2014).

Estas investigaciones y aplicaciones en el campo de las energías renovables he permitido el avance de la sociedad, pero esta cuenta con poco conocimiento o existencia de aplicaciones que promuevan el uso de la biomasa y de nuevas tecnologías en auge (International Energy Agency, 2011). A causa de esto, se han creado aplicativos software que ayuden a la gestión, desarrollo y conocimiento de tecnologías de energías de biomasa, permitiendo a los proyectos energéticos ambientales informarse y prepararse de una forma adecuada. Entre los software de gestión y desarrollo esta HOMER, HYBRYD, INSEL (Chandel & Sinha, 2014), para el conocimiento de nuevas tecnologías esta los Mapas

Tecnológicos, es una herramienta que permite conocer las líneas de desarrollo de una tecnología o producto en específico a través de consultas a bases de datos científicas con el objetivo de proveer diferentes perspectivas para la selección de la tecnología apropiada (Phaal, Farrukh, & Probert, 2004).

La técnica prospectiva Mapas tecnológicos es utilizada para la visualización de las diversas líneas o rutas de investigación de un sector tecnológico para identificar a grandes rasgos los principales nodos de conocimiento a través de una consulta con parámetros previamente establecidos, para facilitar la toma de decisiones en desarrollo investigativo o empresarial (Aceituno, 2013).

Esta técnica además cuenta con normas establecidas para el sector de las energías renovables el cual detalla cómo deben ser creados y estructurados para la realización de búsquedas con propósitos investigativos (Amer & Daim, 2010). Las investigaciones que utilizan la biomasa cuentan con aplicaciones prácticas como lo es el Mapa Tecnológico para una producción sostenible, consistente y de confianza de energía eléctrica desde la biomasa de agricultura (Singh, 2016), el desarrollo de un Mapa Tecnológico para la explotación de la bioenergía para biocombustibles y generación de energía eléctrica (Acevedo et al., 2016), y el uso de Mapas Tecnológicos para el análisis del dióxido de carbono para la industria eléctrica en china (Di, Wen, Yu, & Zhang, 2017). Investigaciones como las mencionadas previamente, comprueban la aplicabilidad de la biomasa para la generación de energía eléctrica, promoviendo el desarrollo económico, energético y ecológico en cualquier territorio que se necesite generar energía para la sociedad.

Debido a lo mencionado anteriormente, el objetivo de la investigación es conocer el estimado de energía generado en una tecnología de biomasa a través del apoyo de la técnica Mapas Tecnológicos, lo cual el experto investigador aprovecharía el potencial de búsqueda de tecnologías para una mejor gestión y organización del proyecto ambiental en desarrollo.

## **FUNDAMENTO TEORICO**

**Energías Renovables:** Son todas fuentes alternativas de generación de energía eléctrica que son creadas a partir de los recursos naturales de la naturaleza, siendo sus recursos de uso ilimitado por encontrarse en muchas partes del planeta y se pueden autoregenerar. Estos no dependen de combustibles fósiles para su funcionamiento y no contaminan al medio ambiente al utilizarlos (Jianyu et al., 2017).

Las energías renovables están divididas por los siguientes tipos: energía geotérmica, hidroeléctrica, biomasa, solar, eólica, undimotriz y mareomotriz. Todas las energías utilizan recursos de la naturaleza como lo es el calor térmico de la tierra con la energía geotérmica, la fuerza del agua al caer de una represa con la hidroeléctrica, el aprovechamiento de los desechos o compuestos de otros procesos para la generación de energía con biomasa, la luz que irradia el sol es aprovechada de igual forma por la energía solar, las olas y las corrientes marinas son utilizadas por la undimotriz y mareomotriz (Kara, 2015).

**Energías fósiles/no convencionales:** Todas las producciones de energías que procedan sus recursos directamente de los yacimientos de combustibles fósiles son energías fósiles,

se puede genera energía con la utilización de cualquiera de sus presentaciones como el petróleo, carbón y gas natural. Su utilización emite desechos contamina el medio ambiente por su alto contenido de gases causantes del efecto de invernadero, es por ello que se le denomina energía no convencional por su factor perjudicial a la naturaleza (Apergis & Payne, 2012).

**Energía de Biomasa:** La biomasa es un tipo de producción energética barata, renovable y con muy pocas emisiones por su forma de combustión que utiliza la materia orgánica como fuente energética. Usualmente llamado el combustible ecológico, la energía se genera a través de calderas o estufas que almacenan residuos orgánicos y la combustión de estos elementos logra generar energía, puede dar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Cuenta con dos propósitos: principalmente para la generación de electricidad que utilizan algunas centrales energéticas para proveer a la población y generar calor con la finalidad de brindar calefacción a un sitio en particular (Codina, Maréchal, Nasato, Peduzzi, & Stefano, 2017).

**Prospectiva:** La prospectiva es un método investigativo para la identificación de preferencias futuras de uno o varios escenarios, verificar el avance científico y tecnológico de la sociedad o entorno en particular, además se define como el proceso de anticipar y explorar el futuro en forma estructurada, interactiva, participativa, coordinada y sinérgica para la construcción de planes estratégicos para el desarrollo de una entidad o territorio (Medina & Ortigón, 2006). Esta se divide en métodos cuantitativos y cualitativos: el primero evalúa datos numéricos o medidas que se pueden manipular con técnicas estadísticas o matemáticas y la segunda es para la evaluación de información subjetiva sobre fenómenos o comprensión de algo y se utilizan técnicas para definir el resultado de un proceso en particular (Ortiz, 2013).

**Mapas tecnológicos:** Un mapa tecnológico es una herramienta que sintetiza de forma gráfica o en secuencias gráficas, aquellas tecnologías o subtecnología sobre las cuales se está investigando o utilizando en la actualidad. Además, se encarga de medir el esfuerzo investigador de unas tecnologías frente a otras y su evolución en un determinado periodo de tiempo. Su aplicabilidad se remite a la gestión de una empresa o entidad cualquiera que le permita facilitar y ayudar a comprender el entorno tecnológico en el que se encuentra y las interrelaciones entre las entidades de este (Phaal et al., 2004).

## **METODOLOGIA**

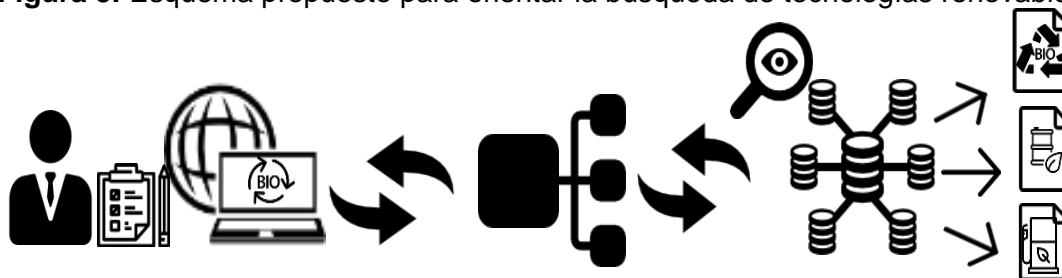
La presente investigación fue abordada de forma cualitativa, debido a que maneja conceptos y procesos para el análisis de información de las energías renovables, no se utilizan fórmulas para la determinar los resultados. El diseño de la investigación es la teoría fundamentada el cual describe procesos, acciones e interacciones entre individuos para hallar un resultado para una población o individuo (Batista, Fernández, & Hernández, 2014).

**Análisis de datos:** El análisis de datos fue selectivo, el experto estableció sus parámetros de búsqueda para las tecnologías renovables, se ingresaron los datos a la herramienta Mapas Tecnológicos (Martelo, Moncaris, & Vélez, 2016), con el propósito de obtener una

lista de opciones que permitan al investigador seleccionar la tecnología más adecuada para utilizar en su proyecto ambiental.

Modelo conceptual planteado: En esta sección se presenta el modelo conceptual propuesto para la determinación de las búsquedas de tecnología de energías renovables a través de Mapas Tecnológicos. Mediante etapas definidas como se observa en la figura 1, se muestra el proceso de investigación de tecnologías.

**Figura 5:** Esquema propuesto para orientar la búsqueda de tecnologías renovables



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El modelo realizado se describe en las siguientes etapas:

Preparación de parámetros de búsqueda: el experto establece las pautas para realizar la investigación a través de una lista que contendrá los parámetros para la búsqueda en la herramienta Mapas Tecnológicos.

Búsqueda de tecnologías: El experto a través de un ordenador, accede a la plataforma SoftProsp (Martelo et al., 2016), ingresa los parámetros establecidos en la etapa anterior para empezar su búsqueda.

Selección de tecnologías: En el momento que empiece la búsqueda, Mapas Tecnológicos realiza una exploración por todas las bases de datos de artículos científicos al cual esta indexado para encontrar artículos, revistas y publicaciones donde coincidan con la temática que el experto requiere para su proyecto ambiental.

Los resultados de la búsqueda visualizaran el nombre del producto o tecnología, tecnologías relacionadas, plataforma y el año de publicación. Estas búsquedas deben realizarse preferiblemente en inglés debido a que el repositorio de artículos científicos es estadounidense y su mayoría de artículos son redactados en dicho idioma.

## RESULTADOS

Se establecieron los resultados de acuerdo al modelo planteado, lo cual produjo los siguientes resultados:

Preparación de parámetros de búsqueda: el experto para realizar una búsqueda clara y concisa, detalla las características más relevantes para determinar los parámetros que se digitaran en el Mapa Tecnológico, en la siguiente tabla se muestra lo definido para la búsqueda de generación eléctrica por biomasa.

**Tabla 2.** Lista para los parámetros de búsqueda

Tipo de método de energía por biomasa	Característica principal a tener en cuenta	Parámetros de búsqueda de tecnología
Sólido	Residuos sólidos de cualquier tipo	Generación eléctrica por desechos forestales
Líquido	Residuos líquidos para la industria automotriz	Generación eléctrica con bioetanol
Gaseoso	Energía creada de la fermentación de desechos	Generación eléctrica por biogás

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Búsqueda de tecnologías: al ingresar los parámetros de tecnologías de biomasa, se procede con la búsqueda a través de Mapas tecnológicos, se establecieron otras variables que sesgaron la consulta para la obtención de los resultados deseados, para conocer las tendencias actuales en el mercado. En la Figura 2, se muestra la introducción de parámetros acerca de la generación eléctrica por desechos forestales que se utilizan en la energía térmica y eléctrica, entre los años 2014 y 2017:

**Figura 6.** Introducción de los parámetros de búsqueda

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Al de buscarlos en la herramienta Mapas Tecnológicos, produjo dos tablas con el mapa tecnológico de la tecnología consultada, dividido en planificación del producto y evolución del producto. La primera mostró aspectos del producto consultado como: modelos disponibles con fecha de salida al mercado, su referencia y tecnología de la cual procede a través de los años. Y la segunda presentó características del producto y la necesidad que cubre en el mercado al tener una nueva versión. Esto se puede evidenciar en la Figura 3 y Figura 4.



**Figura 7: Mapa Tecnológico de la planificación del producto**

Mapa Tecnológico de la planificación de productos				
	Año			
Nombre	2014	2015	2016	2017
electricity generation with forest residues	(A1) Biomass wood pellet burner HQ-W 4.0T electric generated 4.5 Mw Wood power consumption 600 Kg/h  (A2) Weiss range boiler wrz-05 4.2 Mw 1.100 kg/h	(A1) Biomass wood pellet burner HQ-W 6.0T electric generated 7Mw Wood power consumption 1.200 Kg/h  (A2->B2) Biomass sawdust burner HQ-LJY 10T electric generated 9.3Mw Wood dust power consumption 1.900 Kg/h	(A1) Biomass wood pellet burner HQ-W 9.0T electricity generated 8.9MW Wood power consumption 1.500 Kg/h  (B2->C2) Biomass wood Pyrolysis VW-006 electricity generated 7.8 Mw wood power consumption 1.300 Kg/h  (A2) process steam biomass boiler SLR-32 18 MW wood chips consumption 2.500 kg/h	(A2->B2->C2) Carbonisation of biomass THQ-24d up to 170° - 190° thermal heat 6.3 Mw wood waste 1.400 Kg/h  (C2) FR284-R gasification biomass conversion 5.9 Mw density 5.6 MJ/m <sup>3</sup>  (A2) process steam biomass boiler SLP-27 20 MW wood chips consumption 2.900 kg/h

Cambiar Fechas

Fechas desde:

Hasta:

Cambiar

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Figura 8: Mapa Tecnológico de la evolución del producto**

Mapa Tecnológico de la Evolucion de producto				
	Año			
Nombre	2014	2015	2016	2017
Proposito del producto	fast wood consuption for energy generation over other technologies	excellent use of biomass to maximize the use of thermal energy created	high energy output from pyrolysis, technology of the machine designed to be durable for almost 15 years	in addition to the physical waste, the system can take advantage of the gases that are released to create more energy
Evolucion en el mercado	overheat system added to the burner and shutdown if heat exceed 740°C	new system of self-drag of waste products	also can use 2 types of biomass extraction process: thermal and pyrolysis	new methods for biomass application besides of thermal wood organic wastes guarantees high efficiency energy obtained

Cambiar Fechas

Fechas desde:

Hasta:

Cambiar

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Selección de tecnologías: Luego de observar el Mapa Tecnológico de las tecnologías de energías de biomasa, el experto procede a analizar la información suministrada por la herramienta para evaluar cuál es la potencia adecuada para su utilización en un proyecto ambiental. La selección es a criterio del experto o equipo de trabajo.

## CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos, se pueden anunciar las siguientes CONCLUSIÓN: 1) La aplicación de la técnica Mapas Tecnológicos con tecnologías de biomasa proporciona información para analizar la viabilidad del proyecto; 2) Facilita la búsqueda de nuevas tecnologías que colaboren a la producción de energías de biomasa; 3) Los resultados permiten conocer el estimado de generación de energía eléctrica a través de la biomasa.

## REFERENCIAS

- Abduljakim, A., Hamad, T., Hamad, Y., & Sheffield, J. (2014). Solid waste as renewable source of energy: current and future possibility in Libya. *Case Studies in Thermal Engineering*, 4, 144-152. doi:<https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.09.004>.
- Aceituno, P. (2013). *Prospectiva y partidos políticos escenarios para los próximos 15 años en Chile*. Santiago de Chile: RIL Editores.
- Acevedo, H., Finkenrath, M., Gonzalez, M., Kirsten, T., Poganietz, W., Ruggero, P., & Venturini, M. (2016). Development of a technology roadmap for bioenergy exploitation including biofuels, waste-to-energy and power generation & CHP. *Applied Energy*, 338-352. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.120>.
- Aized, T., Ali Bhatti, A., Anandarajah, G., Shahid, M., & Saleem, M. (2017). Energy security and renewable energy policy analysis of Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.254>
- Alkirabi, N. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy*, 2(1), 61-64.
- Amer, M., & Daim, T. (2010). application of technology roadmaps for renewable energy sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1355-1370. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.002>.
- Apergis, N., & Payne, J. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 656-660.
- Apergis, N., & Payne, J. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 733-738. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>.
- Batista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio* (sexta ed.). México D.F: Mc Graw Hill.
- Bridgwater, A. (2007). Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering*, 87-102.
- Chandel, S., & Sinha, S. (2014). Review of software tools for hybrid renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 192-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.035>.
- Codina, V., Marèchal, F., Nasato, M., Peduzzi, e., & Stefano, M. (2017). Optimal use of biomass in large-scale energy systems: Insights for energy policy. *Energy*, 137, 789-797. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.027>.
- Demibas, A. (2007). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 1357-1378.

- Di, J.-h., Wen, Z.-g., Yu, X.-w., & Zhang, X. (2017). Analyses of CO2 mitigation roadmap in China's power industry: Using a Backcasting Model. *Applied Energy*, 644-653. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.026.
- International Energy Agency. (2011). *Technology Roadmap: Biofuels for Transport*. Paris, Francia: IEA Renewable Energy Division.
- Kara, F. (2015). Use of the Drawing-Writing Technique to Determine the Level of. *Journal of Education and Practice*, 6(19), 2222-1735.
- Khoshnava, S., Lamit, H., Mardani, A., Rostami, R., & Streimikiene, D. (2017). An overview of Afghanistan's trends toward renewable and sustainable energies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1440-1464. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.172.
- Kumar, P., Meena, R., Sharma, A., & Sharma, S. (2014). Biomass conversion technologies for renewable energy and fuels: a review note. *IOSR Journal of mechanical and civil engineering*, 11(2), 28-35. doi:e-ISSN: 2278-1684
- Li-bo, Z., & Tao, Y. (2014). The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China. *Energy Procedia*, 61, 2554-2557. doi:https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.044.
- Martelo, R., Moncaris, L., & Vélez, L. (2016). Integración del Ábaco de Régnier, Encuestas y Lluvia de Ideas en la Definición de Variables Claves en Estudios Prospectivos. *Infirmitad tecnológica*, 243-250. doi:https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000500025
- Medina, J., & Ortegón, E. (2006). *Manual de Prospección y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Ortiz, E. (2013). *Análisis del entorno y prospectiva*. Instituto Mediterráneo Publicaciones.
- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. (2004). Technology roadmapping—a planning framework for evolution and revolution. *Technological forecasting and social change*, 71(1), 5-26. doi:https://doi.org/10.1016/S0040-1625(03)00072-6
- Singh, J. (2016). A roadmap for production of sustainable, consistent and reliable electric power from agricultural biomass- An Indian perspective. *Energy Policy*, 92, 246-254. doi:https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.013.
- Yang, T., & Zhang, L.-b. (2014). The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China. *Energy Procedia*, 61, 2554-2557. doi:https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.044.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

David Franco Bórre, Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación, docente investigador Grupo Gimatica. Docente universitario de 17 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.

Raúl José Martelo Gómez, Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática, docente del Grupo de Investigación Gimatica- INGESINFO, docente Universitario de 15 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.

Luis Carlos Tovar Garrido, Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación, docente investigador Grupo Gimatica. Docente universitario de 18 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# PRODUCCIÓN DE BIOETANOL POR FERMENTACIÓN ALCOHOLICA DE PULPA DE CARDÓN GUAJIRO (STENOCEREUS GICEUS).

BIOETHANOL PRODUCTION BY ALCOHOLIC FERMENTATION  
OF CARDÓN GUAJIRO PULP (STENOCEREUS GICEUS).



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# PRODUCCIÓN DE BIOETANOL POR FERMENTACIÓN ALCOHOLICA DE PULPA DE CARDÓN GUAJIRO (*STENOCEREUS GICEUS*).

## BIOETHANOL PRODUCTION BY ALCOHOLIC FERMENTATION OF CARDÓN GUAJIRO PULP (*STENOCEREUS GICEUS*).

Lisette Vizcaino Mendoza,  
Marbelis Brito Redondo,  
Eggleth Parodi Bolívar

### RESUMEN

El interés de la humanidad por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ha conllevado a la generación de combustibles alternativos producidos a partir de la transformación de materias primas de origen biológico entre las cuales destacan las biomásas lignocelulósicas por su alto contenido de carbono y azúcares reductores potencialmente aprovechables en la producción de alcoholes carburantes como el etanol. Las cactáceas, especies ampliamente distribuidas en zonas semidesérticas, presentan tejidos con altos porcentajes de celulosa, hemicelulosa y polímeros de lignina los cuales pueden ser transformados en alcoholes a partir de procesos de fermentación. En la presente investigación se analizó el potencial de producción de bioetanol por fermentación alcohólica de la pulpa de *Stenocereus giceus*. La biomasa se pretrató mecánicamente hasta una fracción menor a 1mm y se sometió a hidrólisis térmica con agua caliente (LHW) a 85 °C durante 15 min a concentraciones de 200; 250 y 300 g biomasa/ L. La fermentación se llevó a cabo en periodos de 8, 16 y 24 días utilizando 10g de *Saccharomyces cerevisiae*. La pulpa de cardón presentó un contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa superior al 75% de su peso seco, lo que la convierte en una fuente utilizable de carbono en la producción de etanol. Los resultados experimentales indican que al reducir el tamaño del material y aplicar tratamiento LHW se favorece la producción de etanol debido a que se genera una hidrotérmólisis en las fibras celulósicas y en la lignina facilitando su conversión en azúcares y posterior fermentación alcohólica. La mayor producción de etanol 60,3% (v/v) se logró utilizando 300g de biomasa con pretratamiento térmico y fermentación durante 24 días. La prueba HDS de Tukey indica que existen diferencias significativas en la producción de etanol al aplicar distintos tiempos de fermentación y pretratamiento con una significancia  $p = 0,05$ .

**Palabras clave:** Biomasa, cactáceas, etanol, lignocelulósico, agua caliente líquida.

## ABSTRACT

Human interest in reducing emissions of greenhouse gases has led to the generation of alternative fuels produced from the transformation of raw materials of biological origin, among which are the lignocellulosic biomasses due to their high carbon content and reducing sugars potentially usable in the production of fuel alcohols like ethanol. Cactaceae, widely distributed in semi-desert areas, have tissues with high percentages of cellulose, hemicellulose and lignin polymers which can be transformed into alcohols from fermentation processes. In the present investigation the potential of bioethanol production by alcoholic fermentation of the pulp of *Stenocereus giceus* was analyzed. The biomass was mechanically pretreated to a fraction less than 1mm and subjected to thermal hydrolysis with hot water (LHW) at 85 ° C for 15 min at concentrations of 200; 250 and 300 g biomass / L. The fermentation was carried out in periods of 8, 16 and 24 days using 10 g of *Saccharomyces cerevisiae*. Cardon pulp had a cellulose, lignin and hemicellulose content of more than 75% of its dry weight, making it a usable source of carbon in the production of ethanol. The experimental results indicate that reducing the size of the material and applying LHW treatment favors the production of ethanol because hydrothermolysis is generated in the cellulosic fibers and in the lignin facilitating its conversion into sugars and subsequent alcoholic fermentation. The highest 60.3% (v/v) ethanol production was achieved using 300g of biomass with thermal pretreatment and fermentation for 24 days. The Tukey HDS test indicates that there are significant differences in the production of ethanol by applying different fermentation and pretreatment times with a significance of  $p = 0.05$ .

**Key words:** Biomass, cactaceae, ethanol, lignocellulosic, hot liquid water.

## INTRODUCCION

La generación de alternativas energéticas distintas a las convencionales, ha conllevado al uso de materias primas naturales dando lugar a los llamados biocombustibles dentro de los cuáles destaca el Bioetanol. Las materias primas no alimentarias utilizadas para la producción de etanol comprenden biomasa celulósica, residuos agrícolas y de madera. La biomasa celulósica consiste principalmente en polímeros de celulosa, hemicelulosa y lignina interconectados en una matriz heterogénea. La celulosa es un polisacárido lineal que consiste en varias unidades de D-glucosa unidas por  $\beta$  (1-4). La hemicelulosa es un heteropolímero de xilosa, manosa, galactosa, ramnosa y arabinosa. La lignina es un polímero complejo de compuestos aromáticos reticulados. La lignina actúa como una barrera protectora y dificulta la despolimerización de la celulosa y la hemicelulosa en azúcares fermentables (Devarapalli & Atiyeh, 2015)

Uno de los materiales lignocelulósicos importante por su abundancia y capacidad de regeneración son las cactáceas. El cardón *Stenocereus griseus*, un cactus columnar que puede alcanzar hasta 11 m de altura, ampliamente distribuido desde el sur de Arizona hasta el norte de Colombia y Venezuela, es una fuente explotable de carbono y azúcares reductores que pueden usarse para producir etanol combustible. Actualmente, el uso de *S. griseus* se limita a la recolección de madera seca para la construcción de viviendas, la

cosecha de tallos jóvenes y frutas para la alimentación, y como un coagulante orgánico para la purificación del agua (Villalobos, Vargas y Melo, 2007).

Para la transformación de la biomasa lignocelulósica es necesario disociar el complejo formado por la hemicelulosa, celulosa y lignina; de esta manera se puede emplear cada una de las fracciones como materia prima para la obtención de diversos productos químicos (Cortes, 2014). Para tal fin existen varios pretratamientos que se pueden clasificar principalmente en físicos: mecánico, térmico, químicos: hidrólisis ácida o alcalina y la combinación entre estos, siendo los físicos los que generan el menor impacto al medio ambiente (Ramos, 2003).

El objetivo del pretratamiento mecánico es la reducción en el tamaño de partícula y su cristalinidad, lo cual conduce a un aumento en el área superficial disponible y una reducción en el grado de polimerización incrementando el rendimiento de la hidrólisis total de la biomasa lignocelulósica. El pretratamiento térmico pretende solubilizar principalmente la hemicelulosa para tener un mejor acceso a la celulosa y evitar la formación de inhibidores y productos de degradación que pueden continuar catalizando la hidrólisis del material celulósico durante el pretratamiento (Cortes, 2014).

En la presente investigación se analizó el potencial de la pulpa de *S. giseus* para producir etanol combustible, a partir de la aplicación de pretratamientos físicos de bajo consumo de energía tratamiento mecánico y tratamiento térmico con agua caliente líquida (LHW) y la fermentación con *Sacharomices cerevisiae* en sistemas por lotes.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Los materiales lignocelulósicos son recursos renovables que pueden ser directa o indirectamente utilizados para la producción de biomoléculas y productos químicos básicos. Sin embargo, algunas de estas aplicaciones son limitadas por la estrecha asociación que existe entre los tres principales componentes de la pared celular de la planta, celulosa, hemicelulosa y lignina.

La celulosa es un homopolisacárido lineal que consiste en unidades de glucosa (D-glucopiranososa) unidas por enlaces  $\beta$ - (1-4) glicosídicos ( $\beta$ -D-glucano). El tamaño de su molécula depende del grado de polimerización, es decir, el número de unidades de anhidroglucosa presentes en una sola cadena. Las hemicelulosas están estructuralmente más relacionadas con la celulosa que la lignina y se depositan en la pared celular en una etapa más temprana de la biosíntesis, su estructura ramificada facilita su interacción con la celulosa proporcionando una gran estabilidad los tejidos. El contenido de hemicelulosa de las maderas blandas y las maderas duras difiere significativamente. Las hemicelulosas de madera dura están compuestas principalmente de heteroxilanos altamente acetilados, los cuales son relativamente lábiles a la hidrólisis ácida y pueden someterse a autohidrólisis en condiciones relativamente suaves. Por el contrario, las maderas blandas tienen una mayor proporción de glucomananos y galactoglucomananos parcialmente acetilados, razón por la cual son más resistentes a este tipo de hidrólisis. La lignina es una macromolécula fenólica que se forma principalmente por la polimerización de radicales libres de unidades de alcohol p-hidroxi cinnamílico con diferentes contenidos de metoxilo (Ramos, 2003).



El género *Stenocereus* (Berger) Riccob comprende un grupo heterogéneo de cactus distribuidos desde el sur de Arizona hasta el norte de Colombia y Cuenta con 22 especies de hábitos diversos que van desde rastreros, formadores de colonias, hasta arbustivos-candelabriformes A este taxón pertenecen las plantas conocidas como pitayas, cuyos frutos son aprovechados para consumo humano. Todas habitan en bosques tropicales caducifolios y en matorrales xerófilos del neotrópico. El “cardón guajiro” o “yosú” (en lengua Wayúu), *Stenocereus griseus*, 3n Colombia está presente en los departamentos de La Guajira, Cesar, Magdalena, desierto de la Tatacoa y en los enclaves subxerofíticos del cañón de río Dagua, cañón del Chicamocha, valle alto del río Magdalena y Cúcuta (Villalobos, Vargas, & Melo, 2007).

La producción de etanol lignocelulósico ha sido investigada ampliamente a nivel internacional. Actualmente los procesos experimentales centran sus estudios en la optimización de los rendimientos de conversión a partir de diversos procesos de pretratamiento aplicados de manera individual o simultánea. La deslignificación de biomasa lignocelulósica constituye un paso fundamental hacia la obtención de monosacáridos a partir de macromoléculas como la celulosa y hemicelulosa. Diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, han sido empleados con el fin de alterar y modificar la matriz de diversas materias primas vegetales, por la presencia de lignina, uno de los componentes más recalcitrantes en su estructura (Pantoja, Cuatin, & Muñoz, 2015)

Yang et al. 2017, analizaron los efectos del pretratamiento con agua caliente líquida de paja de trigo para biorefinería completa de carbohidratos. El agua caliente líquida (LHW) y los pretratamientos LHW promovidos con álcali de paja de trigo se estudiaron comparativamente a temperaturas de 100 ° C a 180 ° C para investigar su producción de etanol y la recuperación de pentosas. Se obtuvo una cantidad de 4,52 g / l de etanol por fermentación a partir del sustrato sinérgico tratado con LHW a temperatura óptima (140 ° C) e hidrólisis enzimática (EH). Bajo estas condiciones, la tasa de recuperación de pentosa fue del 48.8% y 58.1% para xilosa y arabinosa, respectivamente. Después de los procesos de pretratamiento y bioconversión, el 20,3% de celulosa, el 10,5% de xilano y el 19,5% de lignina permanecieron sólidos. El promotor alcalino introducido en LHW mejoró la eficacia de bioconversión del sustrato, lo que dio como resultado 5,82 g / l de etanol y 57,5% de xilosa y 59,0% de recuperación de arabinosa, respectivamente. Los resultados de este estudio contribuyeron de una manera efectiva para la coproducción de etanol y pentosa, ampliando la eficiencia de utilización de carbohidratos. (Yang, Wang, Ma, Yang, & Shi, 2017)

Aurora & Barrera (2015) obtuvieron Bioetanol a partir de los residuos fermentables de Mango (*Mangifera indica*), utilizando *Saccharomyces cerevisiae* como microorganismo fermentador, aplicando para la primera fase un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3x2, teniendo como variables a la concentración de levadura (0.1 y 0.2 % v/v) y relación de Agua: Mosto (0:100; 35:65 y 50:50 %v/v). La caracterización de los residuos fermentables son: pH = 4.02±0.2, °Brix =17±1.2; Azúcares reductores = 110±2.2gr/L, Acidez titulable = 0.5±0.1, %Humedad = 79±2.1, cenizas = 3.5±0.1 y % recuperación de pulpa = 7.8 %. La fermentación de los residuos (mosto), se realizó en un bioreactor de 2 L de capacidad (volumen de trabajo 1.5 Lt); a T°= 27°C y presión atmosférica; obteniéndose parámetros óptimos de: Levadura = 0.2% y una Relación Agua: Mosto (35:65); con una concentración de etanol (5.25%). La obtención de Bioetanol se realizó por destilación rectificadora en continuo, manejando como variables al flujo de alimentación (3, 4 y 5 L/h) y razón de reflujo (0.2, 0.5 y 0.8), resultando 9 tratamientos de

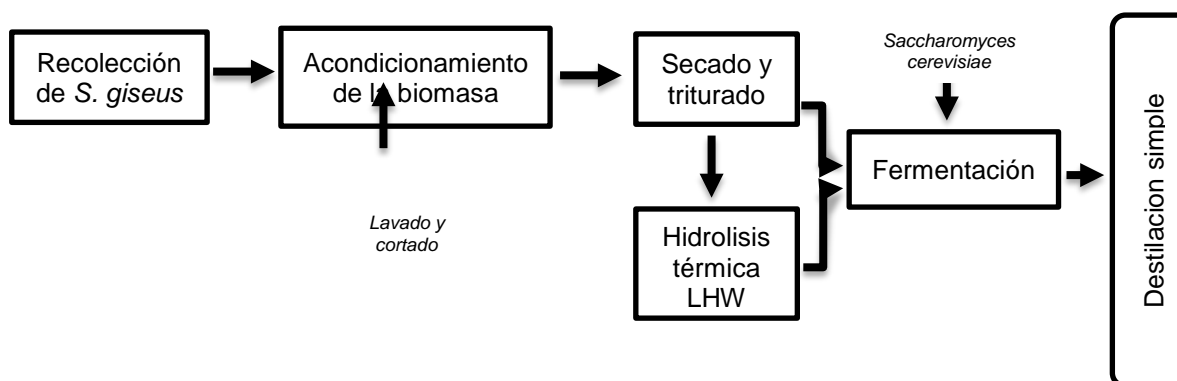
los cuales se determinó que a un flujo de alimentación de 3 L/h y un reflujo de destilado de 0.8 en una columna de rectificación iniciando con 4 L de fermentado, se obtiene el mejor destilado con un volumen de 994.625 mL, con una concentración de alcohol de 64.25% (p/v) y rendimiento de 60.85% de Etanol. (Aurora & Barrera, 2015)

Cruz et al. 2011, analizaron la producción de bioetanol a partir de bagazo de piña, para tal fin la celulosa extraída del biomaterial se sometió a una hidrólisis ácida de dos fases: Hidrólisis fuerte empleando ácido sulfúrico al 72% en una relación 1:10 (g/mL de ácido) durante 1h. Hidrólisis diluida adicionando agua a la primera fase hasta obtener una concentración de ácido de 8% calentando posteriormente la solución a 105°C durante 3h. La glucosa obtenida se fermentó en medio anaerobio utilizando *Saccharomyces cerevisiae*, variando tiempos de fermentación (36, 40, 48 y 72 h) y manteniendo la temperatura a 30°C. Se obtuvo bioetanol mediante destilación, presentando un rendimiento del 35% con bagazo y del 57% con celulosa con un tiempo de fermentación de 48 y 72 h, respectivamente. (Cruz, Mendoza, Chavez, Armenta, & Cruz, 2011)

## METODOLOGÍA

El procedimiento general empleado para la producción de etanol a partir de pulpa de *S. giseus* se describe en la figura 1.

**Figura 1:** Procedimiento experimental para la obtención de etanol con pulpa de *S. giseus*.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### Preparación de materias primas

La recolección de muestras de *S. giseus* se realizó en el área rural del municipio de Barrancas, La Guajira, Colombia. Las ramas de *S. giseus* se lavaron para eliminar los residuos de polvo y otras impurezas que pudieran generar interferencias en el proceso de fermentación, la corteza se retiró manualmente hasta que se obtuvo la pulpa.

El material libre de humedad se analizó física y químicamente determinando los porcentajes de azúcares reductores, azúcares totales, lignina, celulosa y hemicelulosa. Los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos Bioindalamb, ubicado en el municipio de Valledupar. La fase experimental de producción de etanol se llevó a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad de La Guajira.

### **Pretratamiento mecánico**

La pulpa de *S. giseus* fue reducida a fracciones de aproximadamente 1 cm y sometida a secado a temperatura ambiente a fin de remover el exceso de humedad presente en los tejidos y facilitar su conservación. Posteriormente fue triturada con un molino manual hasta alcanzar un tamaño de partícula de 1mm.

### **Pretratamiento con agua caliente líquida (LHW)**

El método utilizado en la presente investigación es una variación de los procedimientos propuestos por Van Walsun et al. 1996. El pretratamiento con agua caliente se aplicó a la biomasa pretratada mecánicamente usando un volumen de 700 ml de agua sometido a ebullición durante 15 minutos a temperaturas entre 85 y 95°C. Durante este pretratamiento se recuperarán la mayoría de los pentosanos y el hidrolizado obtenido no muestra inhibición en el subsiguiente proceso de fermentación. Al final del proceso, las muestras se dejaron reposar para enfriamiento y posterior fermentación.

Durante la aplicación del pretratamiento el pH de la solución se mantuvo en un intervalo entre 4 y 7 a fin de evitar la formación de monosacáridos y, por lo tanto, también la formación de productos de degradación que puede seguir catalizando la hidrólisis del material celulósico durante el pretratamiento (Sanchez, Gutierrez, Muñoz, & Rivera, 2010)

### **Fermentación**

La fermentación se llevó a cabo en periodos de 8, 16 y 24 días utilizando 10 g de levadura comercial (Levapan) *Saccharomyces cerevisiae* activada con agua endulzada con azúcar común. El proceso se desarrolló en reactores de vidrio color ámbar herméticamente sellados con un volumen de trabajo de 1000 ml en condiciones anaerobias a temperatura ambiente de 30-40°C aproximadamente. El proceso de destilación se llevó a cabo utilizando una retorta con capacidad de 250 ml acoplada a un tubo refrigerante con circulación de agua a temperatura ambiente. El porcentaje de alcohol se determinó usando un alcoholímetro Gay Lussac (Cruz, Mendoza, Chavez, Armenta, & Cruz, 2011) (Aurora & Barrera, 2015).

## Diseño experimental

En la investigación se utilizó un diseño aleatorio completo; En la disposición factorial: AxBxC, donde el factor A es la cantidad de biomasa: 200, 250 y 300g, B es el tipo de Pretratamiento: Mecánico y mecánico-térmico, C es el tiempo de fermentación: 8, 16 y 24 días. Los tratamientos obtenidos se replicaron por triplicado. Los datos se analizaron mediante el análisis de la varianza y la prueba de Tukey, a 0,05 probabilidades de error para la categorización de los promedios de significación estadística, utilizando el software estadístico minitab versión 18.

## RESULTADOS

La tabla 1 muestra los valores obtenidos de la caracterización física y química de la pulpa de cardón.

**Tabla 1:** Características químicas de la pulpa de *S. giseus*.

CARACTERISTICAS	<i>S. giseus</i>	<i>Opuntia ficus indica</i> (Teheran, et al, 2015)	<i>Opuntia ficus indica</i> (Aquino et al. 2012)	Bagazo de caña de azúcar (Chandler et al. 2012)
Lignina (%)	40,01		29.0 - 42,6	12,49
Celulosa (%)	37,5		8,05 – 29,5	62,25
Humedad (%)	78	83,06		
Azúcares totales (%)	8,351	9,288		
Azúcares reductores (%)	4,746	5,653		
Hemicelulosa (%)	7,56			

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Los resultados muestran porcentajes de lignina similares a las reportadas en ensayos de caracterización de *O. f. indica* (Aquino, Rodríguez, Mendez, & Hernandez, 2012) y superiores a los reportados para bagazo de caña (Chandler, y otros, 2012). Los valores de celulosa y notablemente inferiores a los de bagazo de caña (Chandler, y otros, 2012).

El porcentaje de celulosa presente en el material se muestra como una fuente de carbono que puede ser aprovechada en procesos de generación de combustibles mediante la transformación a azúcares y por fermentación a bioetanol. El reto está en romper la cadena lignocelulósica por la cantidad significativa de lignina para tener acceso a los azúcares fermentables.

## Producción de etanol

En la Tabla 2 se muestran las concentraciones medias de etanol producidas en los ensayos. Los resultados indican que al reducir el tamaño del material y luego tratarlo térmicamente se provoca un incremento del porcentaje de bioetanol generado por fermentación alcohólica. La prueba HDS de Tukey indica que a mayor tiempo de

fermentación y cantidad de biomasa con hidrolisis térmica mayor es la producción de etanol con una significancia  $p=0,05$ . Existen diferencias significativas en la producción de etanol alcanzada al aplicar diferentes tiempos de fermentación logrando una mayor eficiencia en los ensayos realizado en 24d. Los tratamientos que presentan los resultados más bajos son aquellos en los que se emplean los mayores tiempos de fermentación y la concentración más baja de biomasa pretratada mecánicamente.

**Tabla 2:** Producción media de etanol según tratamiento aplicado.

TIPO DE TRATAMIENTO	MEDIAS DE ETANOL	DE %
B3- TMT- T3	58,30	A
B2-TMT-T3	39,33	A
B1-TMT-T1	32,35	B
B3-TM-T1	30,70	B
B2-TM-T1	29,07	C
B1-TM-T1	28,65	C
B1-TMT-T1	25,72	C
B1-TM-T1	22,70	D
B1-TMT-T3	21,05	D
B1-TMT-T2	18,10	D
B1-TM-T3	14,80	E
B1-TM-T2	14,75	E

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Promedios con la misma letra no presentaron diferencias significativas, según la prueba de Tukey con nivel de significancia del 95%. (**B1, B2, B3:** Cantidades de biomasa. **TM:** Tratamiento Mecánico. **TMT:** Tratamiento mecánico-térmico. **T1, T2 y T3:** tiempos de fermentación).

Las producciones teóricas de etanol con *S. giseus* son similares a las reportadas por Aurora & Barrera (2015) empleando residuos de mango (*Mangifera indica*) fermentados con *Saccharomyces cerevisiae* sustrato con el cual lograron obtener un rendimiento de 60.85% de etanol, y a los rendimientos obtenidos por Cruz et al. 2011 con bagazo de piña sometido a hidrolisis con ácido sulfúrico al 72% y calentamiento a 105°C pretratamiento con el cual alcanzaron una concentración máxima de bioetanol de 57% en 72h.

Las producciones teóricas de etanol obtenidas con *S. giseus* 7,617% para 72h son similares a las reportadas por Monsalve, Medina y Ruíz (2006) 7,92% v/v, empleando almidón de yuca y celulosa extraída de cascara de banano, hidrolizados con ácido sulfúrico al 20% fermentados con *Sacharomyces cerevisiae*.

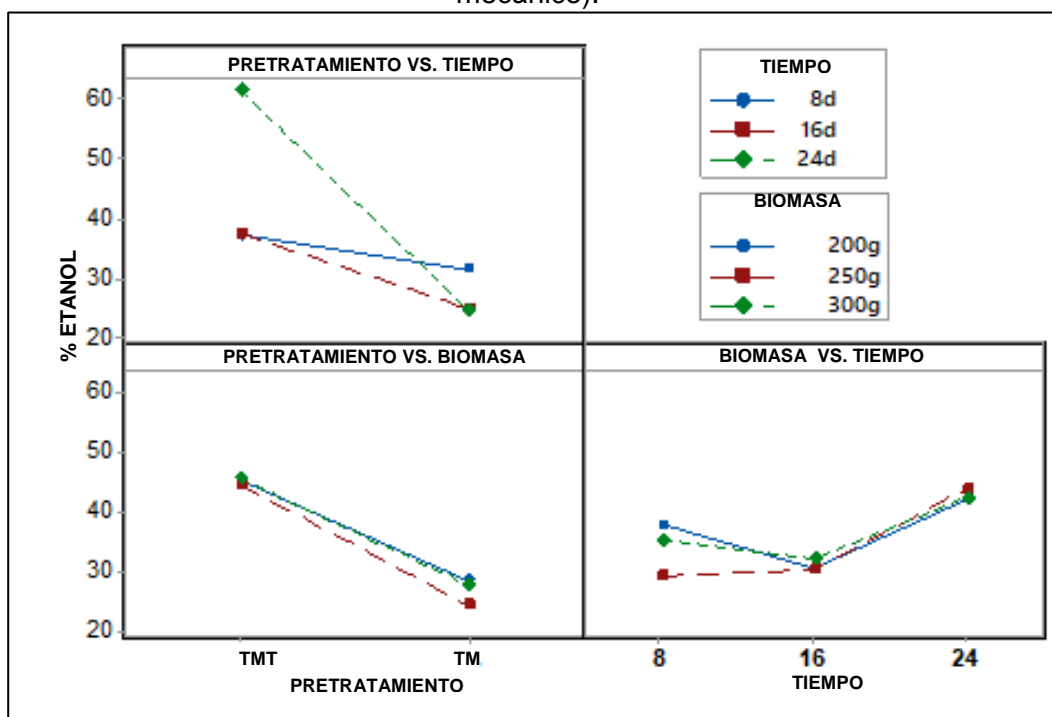
El rendimiento de producción de etanol logrado con *S. giseus* 19,15mg/mL para 8d de fermentación es superior al máximo reportado por (Das, y otros, 2016) Das et al (2016) 13,6mg/mL empleando Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) pretratado con ácido sulfúrico al 2% (v/v) y fermentado de manera simultánea con *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis* durante 24h.

Los rendimientos experimentales calculados para la pulpa de cardón indican que este biomaterial presenta un gran potencial de aprovechamiento en procesos productivos de etanol. Los resultados también muestran que los tratamientos aplicados representan una

alternativa no convencional para acelerar la hidrólisis de los materiales y favorecer la producción de alcoholes durante el proceso de fermentación, especialmente por el hecho de no generar efluentes residuales saturados con sustancias químicas corrosivas.

En la figura 1 se observa que las variables que generan mayor influencia sobre la producción de etanol son el pretratamiento y el tiempo. La concentración de etanol en función de la cantidad de biomasa depende principalmente del tipo de pretratamiento aplicado.

**Figura 2:** Efectos principales del tiempo, tipo de pretratamiento y cantidad de biomasa sobre la producción de etanol. (TMT: tratamiento mecánico-térmico. TM: tratamiento mecánico).



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

El análisis factorial indica que la producción de etanol por fermentación alcohólica de pulpa de *S. giseus* depende principalmente del pretratamiento y tiempo de fermentación alcanzándose concentraciones de etanol superiores al 60% v/v empleando biomasa con modificación térmica y mecánica. Las curvas pretratamiento vs tiempo y pretratamiento vs Biomasa indican que el agua líquida caliente (LHW) favorece la producción de etanol debido a que se genera una hidrotermólisis en las fibras de celulosa y lignina contenidas en la pulpa de *S. giseus* facilitando su conversión a azúcares y posterior fermentación por acción de *S. cerevisiae*, además minimiza la formación de productos de degradación que inhiben el crecimiento de microorganismos fermentativos (Zhuang, y otros, 2016).

No se observan variaciones significativas en ensayos con diferentes cantidades de biomasa al aplicar un mismo pretratamiento. En cuanto a las interacciones de las variables Biomasa – Tiempo de fermentación la figura indica se obtienen concentraciones similares de etanol a los 24d para las tres cantidades de biomasa fermentadas.

De acuerdo con el comportamiento de las curvas se determina que los procesos de conversión de pulpa de *S. giseus* a etanol presentan una mayor eficiencia al utilizar 300g de biomasa triturada hidrotérmolizada, fermentada durante 24d, condiciones experimentales para las cuales se logran concentraciones de alcohol superiores al 45% v/v.

## CONCLUSIÓN

La pulpa de guajiro cardón tiene un contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa que representa más del 70% de su peso seco, lo que la convierte en una fuente utilizable de carbono en la producción de etanol. El método de pretratamiento térmico con agua caliente (LHW) aumenta la producción de etanol por fermentación alcohólica de la biomasa, alcanzando concentraciones de alcohol superiores al 50%. Para aumentar el rendimiento de alcohol, se recomienda combinar el método de LHW con procesos enzimáticos o hidrólisis con soluciones ácidas de baja concentración, que permitan el desarrollo de la fase de fermentación en períodos de tiempo más cortos que los analizados.

## REFERENCIAS

- Aquino, L., Rodríguez, J., Mendez, A., & Hernandez, S. (2012). Extraction and characterization of nopal (*Opuntia ficus indica*) fiber. *Naturaleza y desarrollo*, 10(1), 46-63.
- Aurora, E., & Barrera, E. (2015). Obtención de bioetanol a partir de los residuos fermentables de mango y determinación de parámetros óptimos de destilación. *Rev. Ingeniería. ciencia, tecnología e innovación*, 2(2), 31-40.
- Chandler, C., Villalobos, N., Gonzalez, E., Arenas, E., Marmol, Z., Ríos, J., & Aiello, C. (2012). Two-Stage Dilute-Acid Hydrolysis of Sugar Cane Bagasse for Fermentable Sugar Production. *Multiciencias*, 12(3), 245-253.
- Cortes, W. (2014). Tratamientos Aplicables a Materiales Lignocelulósicos para la Obtención de Etanol y Productos Químicos. *Revista de Tecnología*, 13(1), 39-44.
- Cruz, R., Mendoza, A., Chavez, M., Armenta, L., & Cruz, M. (2011). Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol. *Afinidad LXVIII*, 551, 38-43.
- Das, A., Ghosh, P., Paul, T., Ghosh, U., Pati, B., & Mondal, K. (2016). Production of bioethanol as useful biofuel through the bioconversion of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Biotech*, 6(1), 1-9.
- Monsalve, J., Medina, V., & Ruíz, A. (2006). Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna*, 73(150), 21-27.
- Ortiz, O., Morales, T., Ríos, L., Rodríguez, J., Quintero, J., & Aroca, G. (2017). Bioethanol production from agave lechuguilla biomass pretreated by autohydrolysis. *Rev. Mexicana de Ing. Quim.*, 16(2), 467-476.

- Ramos, L. (2003). The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. *26*(3), 683-871.
- Sanchez, A., Gutierrez, A., Muñoz, J., & Rivera, C. (2010). Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Revista Tumbaga*, *5*, 61-91.
- Teheran , Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, E., & D´Aubeterre, R. (2015). Análisis de las características físico--químicas del fruto de *Opuntia ficus--indica*(l.) miller, cosechados en lara, venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *16*(1), 69-74. Recuperado el 7 de agosto de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/813/81339864010.pdf>
- Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. (2007). Comparative analysis of the Physicochemicals Characteristics of the rice husk. *Scientia et Technica Año XIII*(37), 255-260.
- Van Walsum, G., Allen, S., Spencer, M., Laser, M., Antal, M., & Lynd, L. (1996). Conversion of lignocellulosics pretreated with liquid hot water to ethanol. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, *57*(1), 157-170.
- Villalobos, S., Vargas, O., & Melo, S. (2007). Usage, Managment and Conservation of “yosú”, *Stenocereus griseus* (Cactaceae), in the Upper Guajira, Colombia. *Acta biol. Colomb.*, *12*(1), 99-112.
- Yang, H., Wang, K., Ma, L., Yang, J., & Shi, Z. (2017). Liquid hot water pretreatment of wheat straw for full carbohydrates biorefinery. *BioResources*, *12*(3), 6342-6352.
- Zhuang, X., Wang, W., Yu, Q., Qi, W., Wang, Q., Tan, X., . . . Yuan, Z. (2016). Liquid hot water pretreatment of lignocellulosic biomass for bioethanol production accompanying with high valuable products. *Bioresource Technology*, *199*, 68-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.051>



## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

Lisette Yohana Vizcaino Mendoza: Magister en Ingeniería ambiental, Docente tiempo completo del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira, con experiencia en el desarrollo de investigaciones de carácter ambiental. Directora del semillero de Investigaciones Ciencia + Ambiente. Autora de artículos académicos publicados en revistas indexadas relacionados con el aprovechamiento de materiales orgánicos para la remoción de contaminantes orgánicos y peligrosos en solución. Directora y evaluadora de proyectos con opción a grado de la facultad de Ingeniería de la Universidad de La Guajira. Directora del proyecto de investigación Análisis del potencial de producción de bioetanol por fermentación alcohólica de mucilago de cactáceas.

Marbelis Brito Redondo: Profesional en ingeniería Ambiental. Integrante del Semillero de investigación Ciencia + Ambiente con participación como auxiliar de investigación en el proyecto Análisis del potencial de producción de bioetanol por fermentación alcohólica de mucilago de cactáceas. Durante el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2016 – 18 de febrero de 2017 desarrollo pasantías académicas en la Corporación Autónoma Regional de La Guajira- Corpoguajira como personal de apoyo a los procesos desarrollados por el Grupo de monitoreo y seguimiento ambiental.

Eggleth Parody Bolívar: Profesional en ingeniería Ambiental. Integrante del Semillero de investigación Ciencia + Ambiente con participación como auxiliar de investigación en el proyecto Análisis del potencial de producción de bioetanol por fermentación alcohólica de mucilago de cactáceas. Durante el primer semestre del año 2017 desarrollo pasantías académicas en la Empresa Carbones del Cerrejón limited como personal de apoyo a las actividades desarrolladas por el Departamento de Gestión ambiental en las dependencias Área de calidad el aire - Rentabilidad de Tierras.



---

## EJE TEMÁTICO: ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

---

MAIN THEME:  
RENEWABLE ENERGIES FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# EVALUACIÓN DE BRIQUETAS ELABORADAS CON RAQUIS RESIDUAL COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA AL USO DE LA LEÑA

EVALUATION OF BRIQUETAS ELABORATED WITH RAQUIS  
RESIDUAL AS ALTERNATIVE ENERGY TO THE USE OF THE  
FIREWOOD.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **EVALUACIÓN DE BRIQUETAS ELABORADAS CON RAQUIS RESIDUAL COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA AL USO DE LA LEÑA.**

## **EVALUATION OF BRIQUETAS ELABORATED WITH RAQUIS RESIDUAL AS ALTERNATIVE ENERGY TO THE USE OF THE FIREWOOD.**

Enaidys Acosta Hernández  
Jorge Dudley Noriega Chedraüi  
Marlon Bastidas-Barranco

### **RESUMEN**

La deforestación a nivel mundial ha desencadenado crisis ambientales que han tomado fuerza actualmente, por los efectos irreversibles ocasionados a los ecosistemas. La leña para la cocción de alimentos es tradicional en los hogares campesinos y regiones que no cuentan con gas natural en Colombia; con el pasar de esta actividad se han generado graves problemas ambientales por la disminución de la capa boscosa y aumento de las enfermedades respiratorias en estas poblaciones. La realización de este trabajo fue motivada porque el uso de las briquetas como sustituto de la leña, minimiza la sobre explotación de las especies forestales de la región, mediante una tecnología en la que se transforman subproductos tales como el raquis en fuente de energía calorífica densificando el material de tal manera que se aumenta la densidad energética. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar briquetas ecológicas a partir del raquis como alternativa energética para el reemplazo de la leña en sectores rurales del departamento del Cesar, para lo que se hizo una caracterización físico-química y biológica del material, con la finalidad de determinar cambios en sus propiedades y establecer si el contenido de lignina podría ser suficiente para compactar la briqueta; en segundo lugar, se diseñó un prototipo de briquetas con materiales accesibles a poblaciones campesinas, mezclando previamente el raquis molido con diferentes proporciones de aglomerante de 10, 15 y 20 %.

Dentro de los resultados obtenidos se pudo establecer que las briquetas con un 20% de aglomerantes presentaron mejor estabilidad que las de 10 y 15 %. Las briquetas aumentaron sus niveles energéticos con respecto a la materia prima pasando de 17140 kJ/kg a 18071 kJ/kg, su contenido de humedad disminuyó en un 64% y la resistencia vertical y horizontal de las briquetas fueron 2.22 MPa y 1.85 MPa respectivamente, para efectos de almacenado. Del raquis residual de la empresa Oleoflores se pueden generar 4659 toneladas de briquetas al año, con lo que se dejarían de deforestar 162.39 hectáreas de bosque nativo en el mismo periodo, considerando los niveles de deforestación en la Ladrillera de la Vereda las Casitas en el municipio de Valledupar.

**Palabras claves:** Briquetas, Palma Africana, Biocombustibles sólidos, Biomasa, Leña.

## ABSTRACT

Deforestation at the global level has triggered environmental crises that have taken force today due to the irreversible effects on ecosystems. Wood for cooking food is traditional in rural households and regions that do not have natural gas in Colombia; with the passing of this activity have generated serious environmental problems by the decrease of the forest cover and increase of the respiratory diseases in these populations. The realization of this work was motivated by the use of briquettes as a substitute for firewood, minimizing the overexploitation of forest species in the region, through a technology in which by-products such as the rachis are transformed into heat energy source by densifying the material in such a way as to increase the energy density. The main objective of this work is to develop ecological briquettes from the rachis as an alternative energy for the replacement of firewood in rural sectors of the department of Cesar, for which a physical-chemical and biological characterization of the material was done, with the purpose of determine changes in their properties and establish whether the lignin content might be sufficient to compact the briquette; secondly, a prototype of briquettes was prepared with materials accessible to peasant populations, previously mixing the ground rachis with different binder ratios of 10, 15 and 20%.

In the results obtained it was possible to establish that the briquettes with 20% of binders presented better stability than those of 10 and 15%. The briquettes increased their energy levels with respect to the raw material from 17140 kJ / kg to 18071 kJ / kg, their moisture content decreased by 64% and the vertical and horizontal resistance of the briquettes were 2.22 MPa and 1.85 MPa respectively, for storage purposes. Of the residual rachis of the company Oleoflores can be generated 4659 tons of briquettes a year, which would stop deforesting 162.39 hectares of native forest in the same period, considering the levels of deforestation in the Lechillera de la Vereda las Casitas in the municipality of Valledupar.

**Keywords:** Briquettes, African Palm, Solid Biofuels, Biomass, Firewood.

## INTRODUCCIÓN

La escasez de los combustibles fósiles, la dependencia energética de países con pocos recursos energéticos convencionales y la preocupación por la protección ambiental, permiten que el ser humano busque y desarrollen alternativas de energías renovable; las briquetas ecológicas han surgido con el afán de satisfacer la demanda de la leña en algunos países subdesarrollados, en otros se han implementado para hacer de estas una herramienta sostenible y aprovechar así los subproductos generados ya que estas se elaboran a bajos costos y de forma sencilla

Los índices de deforestación a nivel mundial han desencadenado crisis tanto sociales como ambientales que con el transcurrir de los años han tomado más fuerza produciendo efectos irreversibles a nuestros ecosistemas. El uso de la leña en la cocción de alimentos es tradicional en los hogares campesinos y regiones que no cuentan con gas natural en Colombia, sin embargo, con el pasar de esta actividad se han generado graves problemas ambientales por la disminución de la capa boscosa y aumento de las enfermedades respiratorias en estas poblaciones.

En los últimos años las investigaciones de energías derivadas de la biomasa ha tomado gran interés, ya que es un importante recurso de energía renovable que posee propiedades atrayentes ya que plantea una recirculación ecológica de los gases de efecto invernadero y bajos costos de producción, entre otras. Por ende, se han llevado a cabo estudios para preparar briquetas, pues son una de las diferentes formas de aprovechar estos residuos; estas se utilizan como alternativa ante el manejo de carbón mineral y leña; Autores como, Wamukonya y Jenkins determinaron la posibilidad de producir briquetas duraderas a partir de residuos de madera (aserrín) y de residuos agrícolas (paja de trigo) como posible combustible para los hogares kenianos y las pequeñas industrias (L. Wamukonya, 1995). Granada quien diseñó y preparó briquetas combustibles lignocelulósicas mezclando Mongo y Roble Africanos y Canadienses (Granada, 2002). Kaliyan y Morey estudiaron los factores que afectan la resistencia y la durabilidad de los productos de la biomasa densificada (Kaliyan & Morey, 2009). En Tailandia se evaluó el potencial energético contenido en la mazorca de maíz, con relación a su productividad, se determinó experimentalmente el efecto de la relación de aglutinante de melaza y la presión de briqueteado sobre la densidad de briquetas elaboradas a partir de este residuo (Wilaipon, 2007).

Se pretende ampliar el interés de varias empresas artesanales aledañas a las industrias aceiteras de la zona de estudio, de tal manera que se pueda implementar experimentalmente el uso de briquetas en sus procesos y comparar resultados con los métodos que tradicionalmente realizan, esto implica sensibilizar sobre la implementación de un nuevo combustible mediante una actividad que permita el conocimiento sobre la tecnología de las briquetas se transfiera a un mayor número de personas. Por otra, parte es fundamental profundizar en el desarrollo de los prototipos de briquetas ecológicas elaborados a partir de subproductos tales como es raquis, ya que representan una alternativa viable, significativa y ambientalmente sostenible para la generación de energía calórica, contribuyendo a la mejora de los ecosistemas, a la preservación y conservación de la vegetación boscosa nativa, a la disminución de las enfermedades producidas por el humo y gases de combustión incompleta, a la mitigación de las emisiones generadas a la atmosfera y aportando a las estrategias en contra del cambio climático mediante la producción limpia.

## **FUNDAMENTO TEORICO**

Las definiciones que se describen a continuación fundamentan el desarrollo de esta investigación.

**Biomasa:** Toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra se le denomina biomasa. Presenta una enorme versatilidad como fuente de energía, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos, combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, de origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial.

**Palma africana:** Familia: Arecaceae (Palmae). Nombre común: Palmera del aceite. Lugar de origen: Palmera nativa de África Central y Oriental. Etimología: Elaeis, del griego elaiá = olivo, por su aceite. Guineensis = procedente de Guinea. La palma de aceite se ha convertido en una importante fuente de recursos agrícolas. Su producción

se ha mantenido un crecimiento sostenido registrando 945.064 Toneladas para el año 2013 Posicionándose como el primer productor de palma de aceite en América Latina y el Quinto en el mundo.

Composición química del raquis de palma africana: El raquis posee una composición química bastante heterogénea principalmente de tres materiales poliméricos: hemicelulosa, celulosa, y lignina; constituyen entre el 95 al 98 % de la pared celular y el 2 – 5% restante son componentes de bajo peso molecular denominados extractivos, Entre maderas duras y blandas se encuentran variaciones de las cantidades de sus componentes (Goldstein, 1981).

Celulosa: Se encuentra en mayor cantidad en los materiales lignocelulósicos. Base estructural de las células vegetales, es la sustancia natural más importante, tanto por su abundancia como por su aprovechamiento tecnológico. Actualmente es la base de muchos productos de interés industrial papel, fibras, aditivos, etc. (Bayona & Sánchez, 2006)

Hemicelulos: Se le denominan al resto de los polisacáridos que se encuentran en los lignocelulósicos además de la celulosa. Este componente a diferencia de la celulosa está compuesta de diferentes azúcares formando cadenas más cortas y con ramificaciones (Fengel, 1984).

Lignina: La lignina luego de la celulosa, es el polímero más abundante en el mundo vegetal y su principal función proteger contra la humedad y los agentes atmosféricos, y actúa como elemento aglomerante de las fibras. Es un componente característico de las plantas superiores (gimnospermas y angiospermas), aparecen típicamente en los tejidos vasculares, especializados en el transporte de líquido y en dar resistencia mecánica (Fengel, 1984).

Extractivos: Sus funciones en la célula vegetal son de protección exterior y reserva de nutrientes (Coppen, 1993); Son componentes orgánicos de bajo peso molecular. Se llaman así porque se pueden extraer de la madera por lavado con agua o con solventes orgánicos. Se incluyen dentro de este grupo carbohidratos de bajo peso molecular, terpenos, ácidos alifáticos y aromáticos, alcoholes, flavonoides, taninos, alcaloides, ligninas solubles y ceras, entre otros.

Cenizas: Las cenizas son sustancias inorgánicas que se pueden establecer por incineración del material entre 800 y 1000 K (527°C – 727°C). Fundamentalmente son las sales inorgánicas de calcio, potasio y magnesio, así como sílice en las maderas tropicales. Forman carbonatos, fosfatos, oxalatos y silicatos (Anglés et al, 1997)

No existen datos exactos desde cuando se inició con la fabricación de las Briquetas (desperdicios maderables), existe abundante información en artículos y diferentes bases de datos electrónicas que describen algunos indicios de elaboración de briquetas (de otros materiales distintos a los desperdicios maderables). Por ejemplo, las primeras fabricaciones industrializadas de briquetas de carbón se dieron en el año de 1920, por el fabricante de autos Henry Ford en conjunto a la asesoría de su buen amigo Thomas Alba Edison y su pariente E. G. Kingsford (Barbosa, 2009).

Las briquetas es un producto ecológico, con alto poder calorífico, baja humedad (entre 5 a 8%), y alta densidad de compactación. La uniformidad y la regularidad térmica, resulta en mayor rendimiento, disminuye considerablemente la polución, conservando así el medio ambiente (Molino el país, 2009). Es un producto que está sustituyendo a la leña con mucho suceso y con innumerables ventajas: Mantiene un calor constante, disminuye los residuos, posee mayor temperatura y más llamas, alto poder calorífico y de brasas, ayuda a conservar el medio ambiente.

Briquetas Corinay. - Corporación Industrial Nanay S.A.C. - CORINAY es una empresa industrial productora, comercializadora y exportadora de Briquetas de aserrín, constituida en el año 2007 con el fin de aprovechar los residuos maderables del proceso de la industrialización de la madera. La empresa CORINAY está ubicada a orillas de la laguna Rumococha en el río Nanay -Iquitos. Es la primera empresa en el Perú en la fabricación de Briquetas (leña ecológica) en forma industrial con una capacidad instalada de 5000 toneladas/año.

Pasache y Sánchez (2013), realizaron un estado del arte del uso de briquetas en Perú, en el intento de solucionar una problemática similar a la que se presenta en las centrales ladrilleras del Cesar, en el que se utiliza como combustible en los hornos leña, la cual se quema indiscriminadamente a cielo abierto produciendo emisiones de CO y CO<sub>2</sub> que contaminan el ambiente y que además son causa de enfermedades respiratorias.

En Colombia, se han hecho varios intentos en la producción de briquetas pero se ha notado la necesidad de hacer un trabajo de sensibilización para que las familias campesinas adopten esta cultura, además Colombia, a pesar de ser un país poco industrializado en la fabricación de briquetas o “leños ecológicos” como se conocen interna, comercial y popularmente debido a que el producto no registra demandas importantes a razón, también, de que el país carece de estaciones, cuenta con empresas que las produce artesanalmente. (Barrera, 2015).

## **METODOLOGÍA**

Los racimos vacíos (Raquis) de palma africana son utilizados como materia prima en la elaboración de las briquetas, el raquis desechado por las plantas extractoras de aceite en Oleoflores, fue recolectado, secado, molido y se hizo análisis próximos para medir humedad, carbono fijo, cenizas y poder calorífico, así mismo se determinó sus propiedades biológicas; para tener claridad sobre las condiciones del raquis para la transformación en briquetas.

Para una adecuada recolección de las muestras, es necesario inicialmente llevar a cabo un protocolo; Actualmente nuestro país no cuenta con una norma o instructivo para la toma de muestras de biomasa, por tal razón en el desarrollo de la investigación se siguió el protocolo para la toma y manejo de muestras del laboratorio de carbones de la Universidad Nacional. Las muestras fueron tomadas directamente en el lugar donde se generan los residuos, los cuales se encuentran aglomerados en pilas, en este sentido se debe tener en cuenta lo siguiente:



- Tomar las muestras de diferentes alturas del talud formado.
- Efectuar el muestreo alrededor de toda la pila.
- Tomar mínimo 17 muestras por pila de biomasa según la Figura.1.

**Figura 1:** Distribución de los puntos de muestreo en una pila.



Fuente: Laboratorio de Carbones Universidad Nacional, 2017

Finalmente, las muestras son cuarteadas con el fin de obtener una muestra representativa, almacenadas en bolsas herméticas, rotuladas y enviadas a laboratorios.

Por otra parte, a molienda de la materia prima garantiza que el tamaño de las partículas sea adecuado para mejorar la adherencia de estas al momento de compactar. Este proceso de compactación se realizó con una prensa artesanal figura 3. En donde se diseñaron y fabricaron moldes con tubos de PVC de diámetro de 2", largo de 15 cm y un émbolo de madera con el que se ejerció presión a la mezcla utilizando una prensa de madera, en el interior del molde se introduce una varilla de 3/16" para que la briqueta quede con un orificio en el centro, esto con el fin de obtener una mejor solidificación de la briqueta y mayor rendimiento.

**Figura 2:** Prensa utilizada en la compactación de la mezcla.



Fuente: Elaboración Propia, 2017

El raquis fue mezclado con diferentes proporciones de aglomerante 10, 15 y 20%, 80 gr de raquis y 200 ml de agua, con el fin de determinar cuál de esta mezcla presentaba mejores condiciones tanto físicas como de rendimiento energético.

Elaborada la briqueta es llevada a hornos de secado para poder obtener una humedad entre 8-10% (Alama, 2014), ya que en este rango se obtiene una humedad adecuada de la briqueta y no se podría bajar más debido a que se requeriría una cantidad de energía adicional que aumenta los costos para la preparación de las mismas.

Luego de secadas las briquetas se evaluó la eficiencia térmica para determinar los tiempos en que tardan en ebulir un litro de agua, esta prueba también fue realizada para la leña tipo Brasil (*Haematoxylum brasilette*), comúnmente utilizada en la región por que se caracteriza por su gran capacidad de generación de energía; la resistencia es otro propiedad importante en las briquetas ya que son necesarios para determinar el almacenamiento de las mismas.

Finalmente, las briquetas se someten a pruebas de combustión y análisis de gases, con base en los poderes caloríficos previamente obtenidos de la leña y la briqueta se consuman las quemadas requeridas de un día en procesos similares, los cuales no son necesariamente simultáneos, lo que sí se hizo importante en el análisis de los gases fueron los balances de masa y energía establecido para cada proceso.

## RESULTADOS

De acuerdo a la metodología planteada se obtienen resultados significativos en cuanto a la viabilidad y sostenibilidad ambiental que posee la briqueta en estudio. Así mismo permitió tener una amplia experiencia sobre el aprovechamiento del raquis como subproducto generado en la extracción del aceite de la palma africana y mediante prácticas artesanales hacer uso eficiente de ellos para beneficio y preservación de los recursos.

### Características fisicoquímicas y biológicas del raquis

Inicialmente se evaluó las propiedades químicas y físicas del raquis como materia prima para determinar las condiciones iniciales. Estos análisis se realizaron bajo el criterio de las Normas ASTM, cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1:** Propiedades fisicoquímicas en el raquis.

Ensayo	Norma	Resultados propios	Resultados de (Z. Husain, Z. Zainac & Z. Abdullah, 2002)	Resultados de (Nasrin, et al., 2008)
Humedad	ASTM D3173-11	7,21%	7.39%	12.0%
Cenizas	ASTM D3174-12	7,58%	7.3%	2.41%
Material Volátil	ISO 562-10 3ª edición 2010-06-15	69,14%	75.7%	
Carbono Fijo	ASTM D33172-13	16,07%	17%	

Poder Calorífico Superior	Bomba calorimétrica	17140kJ/kg	17823kJ/kg	17000 kJ/kg
Poder calorífico Inferior	Bomba calorimétrica	15870KJ/Kg		

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Los resultados descritos en la tabla 1, permiten determinar y estimar la factibilidad del uso de raquis para la fabricación de briquetas y comparar según la literatura si cumple con los parámetros establecidos; los resultados fueron comparados con los análisis realizadas por otros autores, en donde se encontraron que los valores son semejantes cumpliendo con los parámetros establecidos por las normas ASTM Internacional.

Por otra parte, en el atlas de la biomasa (Ministerio de Minas y Energía, 2008) se muestra el alto potencial energético del raquis en Colombia, 16823KJ/Kg que comprueba las grandes potencialidades del sector agrícola para el aprovechamiento de la biomasa; En el departamento del cesar existen millones de hectáreas sembradas de palma de aceite y por ende toneladas anuales de residuos.

En la tabla 2 se precisa los resultados del análisis biológico del raquis y el método utilizado para su determinación.

**Tabla 2:** Propiedades biológicas en el raquis

ENSAYO	METODO	RESULTADOS
Hemicelulosa	Gravimétrico	15,3%
Celulosa	Gravimétrico	42,34%
Lignina	Gravimétrico	22,49%

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

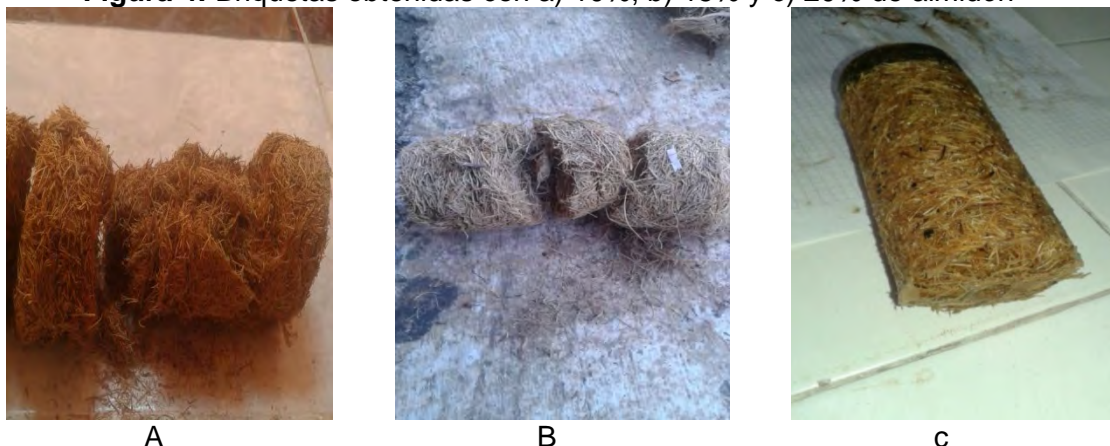
De la anterior tabla se puede inferir que estos porcentajes son altos, pero no lo suficientes para que las partículas de los prototipos de Briquetas tengan una compactación adecuada y no sea necesaria la utilización de aglomerante. Según el autor estos porcentajes deben ser mayor a 45% en lignina y 30% en hemicelulosa (Quintana & Arroyave, 2008).

### **Prototipos de Briquetas Obtenidas.**

De los tres tipos de briquetas elaboradas; se obtiene que la briqueta con 20% de almidón mantuvo su forma, no presentaba grietas, y posterior al secado su resistencia era alta en comparación con las anteriores, por lo tanto, esta briqueta cumple con los parámetros requeridos en la pre evaluación.

Finalmente, con la mezcla de mejor características se obtiene una briqueta de forma cilíndrica con un orificio al centro lo cual permite el flujo de oxígeno para su combustión. En las figuras 3: a, b, y c. Se ilustran las briquetas obtenidas con los diferentes porcentajes.

**Figura 4:** Briquetas obtenidas con a) 10%, b) 15% y c) 20% de almidón



Fuente: Elaboración Propia

Aunque en otros estudios recomiendan que el contenido de aglutinante para la elaboración de briqueta debe ser del 10%, para este caso no fue una cantidad adecuada, lo cual obedece a que en el proceso de molienda no se logró pulverizar los racimos vacíos, por lo que las partículas de mayor tamaño requieren del doble de concentración de almidón para tener buena resistencia. También se afirma que una mayor concentración del 10% aglutinante genera inconvenientes al mezclarse con algunas materias, y al quemar las briquetas tienden a producir mucho humo y reducen la energía potencial (Olorunnisola, 2007); sin embargo, aunque los contenidos de aglutinante estuvieron por encima del 10% hubo una combustión con producción moderada de humo.

### Resultado de las pruebas de eficiencia

Esta prueba se realizó en condiciones controladas para tener mayor similitud en los resultados. El principal componente que se controló fue el viento debido a que este tiene la mayor influencia en las variables, Los resultados finales se describen en la tabla 3.

**Tabla 3:** Tiempo requerido por las briquetas y leña para ebulir un litro de agua con a) 10%, b) 15% y c) 20% de almidón

Prototipo de briqueta / Leña	Tiempo promedio de rendimiento (min)
Briqueta 1 (10%)	9.8

Briqueta 2 (15%)	10,8
Briqueta 3 (20%)	9,50
Astilla de Leña Brasil (Haematoxylum brasiletto)	10,50

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La tabla 3 muestra que los prototipos de briquetas 1 el agua llegó a su punto de ebullición en un tiempo menor que las demás muestras confirmando que la concentración de aglomerante tiene gran influencia en rendimiento energético de las briquetas; sin embargo cabe resaltar que los prototipos 1 y 2 presentaron poca adhesión al momento de compactar las briquetas, haciendo que estas se fracturen, así mismo las briquetas tipo 2 fueron las que presentaron mayor tiempo en hacer que el litro de agua alcanzara su punto de ebullición, por último, la briqueta 3 logró el punto de ebullición en un tiempo menor que registrado en la leña.

#### **Eficiencia y Potencial Térmico de las briquetas con respecto a la Leña.**

La eficiencia térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo, con base a esto se calculó la eficiencia de una briqueta de 93 gramos con respecto a la leña Brasil de igual peso, también se muestra los resultados obtenidos del potencial térmico, donde se tienen en cuenta parámetros como el poder calorífico inferior de las muestras, el tiempo de ebullición, la temperatura de ebullición y la capacidad calórica del agua. Los resultados se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4:** Eficiencia y potencial energético en briquetas y leña.

Calculo	Briquetas (20%)	Leña Brasil
Eficiencia ( $\eta$ )	18,6 %	19,16%
Potencial térmico $\omega$ (kW)	0,533 kW	0,497 kW

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se nota en la tabla 4, que a pesar de tener la leña mayor eficiencia de quemado, la briqueta es capaz de aportar en menor tiempo la energía suficiente para lograr el objetivo, esto significa que la briqueta tiene mayor rendimiento térmico y por ende ahorro en el tiempo de combustión durante un proceso.

#### **Resultados y análisis de la ruptura**

Para el estudio de fuerza vertical o resistencia a la compresión de la briqueta se determinó utilizando una máquina de prensado hidráulico ejerciendo una fuerza de forma vertical y sometida a esfuerzos horizontales los cuales son necesarios para determinar el almacenamiento de las mismas.

**Figura 5:** Fuerzas ejercidas sobre la briqueta.

a. Vertical

b. Horizontal



Fuente: Elaboración Propia

Las briquetas de sección circular Figura 5, presentan una ventaja frente a las briquetas de forma rectangular, ya que las primeras se exponen a presiones relativamente más uniforme que las de sección rectangular, esto es debido a su simetría y distribución del material que recibe la fuerza de compactación en dirección perpendicular a su eje central y la no existencia de zonas difíciles como esquinas o puntas; contribuyendo a una mejor homogeneidad de compactación y una mayor reducción del volumen del material transformado en briquetas (D. Plítil, 2005). Los datos de estas pruebas se muestran a continuación Tabla 5.

**Tabla 5:** Resultados y análisis la fuerza vertical y horizontal

	Resultados propios	Nasrin et al. (2008)	Husain et al. (2002)
Fuerza Vertical ejercida (MPa)	2,22 MPa	7,9 MPa	2:56 kN m <sup>-2</sup> . 2:56 kN m <sup>-2</sup> . 0.256 MPa
Fuerza Horizontal ejercida en (MPa)	1,85 MPa	0,34 MPa	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Los resultados de la compresión vertical son inferiores al presentado Nasrin et al. (2008), pero se evidencia que es superior al mostrado por Husain et. al. (2002), a pesar de ser una briqueta artesanal, por lo tanto, se puede inferir que la briqueta tiene una compresión aceptable para los propósitos de este trabajo, No obstante, se debe considerar que los autores que se comparan con este trabajo utilizaron mezclas del raquis con aserrín para mejorar la resistencia de las briquetas de palma y su condición de superficie física externa.

## Resultados de la evaluación Briqueta - leña

**Tabla 6:** Poder calorífico y cenizas en briquetas de raquis y leña Brasil.

Laboratorio	Briquetas (Raquis)	Leña de Brasil	Norma
Poder Calorífico Superior (kJ/kg)	18071	17539	ASTM-D 5865-13
Contenido de cenizas (%)	3	2,15	ASTM D 7582-15
% de humedad	2.56	2.81	ASTM D 7582-15

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Los resultados obtenidos en la tabla 6 en cuanto al porcentaje de cenizas en las briquetas experimentales, se puede ver que el material que emiten es muy bajo con respecto a su peso, lo que indica que no se convierten en material volátil que pueda ser transportado fácilmente por el aire.

Así mismo se puede concluir que los prototipos experimentales de briquetas de raquis superan en 532 kJ/kg a la astilla de leña Brasil, superando la generación de energía térmica y siendo una gran opción para las distintas comunidades que hacen uso de la leña para obtener energía calórica y reducir los índices de deforestación en el Departamento del Cesar.

La humedad de la briqueta se encontró dentro de los valores esperados, en donde la literatura describe que la humedad adecuada para mayor generación de energía se encuentra en rangos entre 8- 10 % lo que mejora los rendimientos de energía. La humedad se redujo en un 64% en comparación con la materia prima.

### Resultados de la combustión y evaluación de gases Briquetas-Leña

Para poder comparar las emisiones reales por unidad de peso es necesario calcular el factor de emisión, este se determinó dividiendo las emisiones totales de cada gas entre el peso del combustible que se utilizó en la recolección de los gases; partiendo de los 5gr de cada muestra, se obtienen los resultados descritos en la tabla 7.

Los valores fueron comparados con otro estudio en donde se evaluaron factores de emisión a cuatro tipos de briquetas con diferentes mezclas con respecto a la leña de pino, este proceso se llevó a cabo utilizando un sistema portátil de medición de emisiones (Ramos, 2010).

**Tabla 7:** Comparación con otros resultados en los factores de briquetas con la leña.

TIPO DE COMBUSTIBLE		Factor de Emisión	
		g CO/g combustible	g CO <sub>2</sub> /g combustible
a	Briquetas de raquis	0,00056	0,0012
	Leña tipo Brasil	0,00054	0,00094
b	80% acícula + 20% papel	0.12	1.6
	40% papel + 60% aserrín	0.06	1.2
	20% papel + 50% pasto + 30% aserrín	0.09	1.3
	25% papel + 40% acícula + 35% aserrín	0.08	1.3
	Leña de pino	0.03	1.0

Fuente: a.Resultados propios, b.Otro Autor, 2017

De la tabla 15, se puede deducir que las briquetas elaboradas por (Ramos, 2010) presentan un factor de emisión de CO y CO<sub>2</sub> por encima de las briquetas de raquis, e incluso en la leña analizada.

## CONCLUSIÓN

En la caracterización del raquis se pudo notar que su contenido de lignina no fue el requerido para la compactación de las briquetas, lo cual fue necesario utilizar un alto contenido de aglomerante, mejorando la adhesión de las partículas, pero influyó negativamente la emisión de CO<sub>2</sub> de las briquetas.

Una vez densificada la materia prima se pudo notar que su densidad aumento 1516 Kg/m<sup>3</sup> por encima de su estado inicial; en consecuencia disminuyo el volumen de los residuos almacenados y su humedad se redujo de 7,21% a 2.56%, encontrados en los rangos esperados, así mismo las briquetas obtuvieron menor humedad que la leña, por ende su poder calorífico mostró 532 kJ/kg aproximadamente por encima de la leña en estudio; y es debido a que la humedad influye directamente en el potencial energético, puesto que al contener mayor proporción de agua, se necesita más calor para evaporarla, consumiendo el calor utilizable.

La eficiencia de las briquetas obtenidas y emisiones se compararon con la leña tipo Brasil comúnmente utilizada en la zona de influencia de la investigación; las emisiones de dióxido de carbono es el más preocupante, ya que ejerce una mayor influencia de calentamiento total que todos los otros gases combinados, y porque tiene una larga vida atmosférica,



la briqueta arroja un factor de emisión 0.00026 gramosCO<sub>2</sub>/gramos de briqueta de por encima de la leña, lo cual se le atribuye al alto contenido de almidón.

La briqueta es una alternativa importante tanto para las pequeñas industrias que usan leña, como para las empresas que generen subproductos forestales, pues partiendo de las 162,39 hectáreas/año de bosque que se deforestan según estudios Ladrillera de la Vereda las Casitas en el municipio de Valledupar (Rudas Antonio. Arias Andrés. & Padilla Duban, 2016), se necesitarían 4659 toneladas de briquetas al año para dejar deforestar esa cantidad de bosque; de igual forma la producción de raquis y de los demás subproductos (fibra y cuesco) satisfacen las necesidades de la demanda.

Partiendo de la problemática presentada a causa de la deforestación en la vereda las casitas, se hace necesario sensibilizar a las familias de este sector sobre la implementación de nuevos combustibles mediante una actividad que permita el conocimiento sobre la tecnología y el uso de las briquetas en sus procesos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad popular del Cesar, al centro Biotecnológico del Caribe (SENA) en cabeza del Ingeniero Alexander Vera Velásquez y a la Hacienda las Flores en Agustín Codazzi Cesar por su apoyo en el desarrollo de la investigación.

## REFERENCIAS

- A. B. Nasrin, A.N. Ma, Y. Choo, S. Mohamad, M. Rohaya, A. Azali, Z. Zainal "Oil palm biomass as potential substitution raw materials for commercial biomass briquettes production". *American Journal of Applied Sciences* 5 (3) 179-183.
- A. Gamarra Ramos Fabricación y evaluación de eficiencia y emisiones de briquetas a base de residuos agrícolas como alternativa energética al uso de leña. Tesis de pregrado, Zamorano- Honduras
- A. García, E. Marcos (2014,03) Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín. Tesis de Maestría, Universidad de Piura, 2014 [1] L. Wamukony B. Jenkins "Durability and relaxation of sawdust and wheat-straw briquettes as possible fuels for Kenya" *Biomass and Bioenergy*, 8 (3), 175- 179.
- Anglés et al. (1997). Influence of the ash on the balance during the summative analysis of high-ash content lignocellulosics. 59(2-3) pág.185 *Bioresource Technology*.
- A. Olorunnisola (2007) Production of Fuel Briquettes from Waste Paper and Coconut Husk Admixtures. Tesis de Maestría.
- A. Rudas, A. Arias, D. Padilla. "Evaluación de los elementos combustibles utilizados en el proceso de cocción en ladrilleras artesanales en la vereda las casitas del municipio de Valledupar." Valledupar
- Barbosa, F. (2009). Obtenido <http://cein.inaoep.mx/panchon/index.php?topic=135.0>

- Bayona, O.I., & Sánchez, M. (2006) Activación física del raquis de la palma africana (ELAEIS GUINEENSIS) para la obtención de carbón activado. Bucaramanga, Colombia.
- Coppen, J. (1993). Xilem resin compositions and chemotaxonomy of tree varieties of pinus caribaea. *phytochemistry*. 33, 103 - 109.
- Corinay. (2008). Briquetas Corinay. Obtenido de <http://www.corinay.com/>
- E. Granada, L. M López Gonzáles “Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study” *Renewable Energy*, 27 (4), 561-573
- Fengel, D. W. (1984). Chemistry ultrastructure and reactions. Berlin/NewYork: Walter de Gruyter.
- G. Quintana, M. S. Arroyave, (2008). Obtención de pulpa a partir de los residuos de palma. Guadalajara, Jalisco, México.
- Instructivo para toma y manejo de muestras, Laboratorio de carbones. Universidad Nacional- Sede Medellin.
- N. Kaliyan, R. Vance Morey “Factors affecting strength and durability of densified biomass products” *Biomass and Bioenergy*, 33 (3) 337- 359
- Ministerio de Minas y Energía. (2008). Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Colombia: ISBN: 978-958-8504-59-9
- P. Wilaipon “Physical characteristics of maize cob briquette under moderate die pressure.” *American journal of Applied*, 4 (12) 995-998
- Z. Husain, Z. Zainac & Z. Abdullah. “Briquetting of palm fibre and shell from the processing of palm nuts to palm oil. Nibong Tebal, Pulau Pinang, Malaysia” *Biomass and Bioenergy* 22 (6) 505 – 509.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Enaidys Acosta Hernández tecnóloga en Gestión de Recursos Naturales del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, estudiante de ingeniería Ambiental y sanitario en la Universidad Popular del Cesar. E-mail de contacto: enacosta0416@gmail.com

Jorge Dudley Noriega Chedraui, estudiante de ingeniería Ambiental y sanitaria (Universidad Popular del Cesar).

Marlon José Bastidas Barranco, Ingeniero Químico, Magister En Ingeniería - Área Sistemas Energéticos, Doctorado En Ingeniería. Director del Centro de Investigación y Desarrollo de la sede Valledupar. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico Del Carbón. E-mail de contacto: mbastidasbarranco@gmail.com.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# SISTEMA PARA EL USO Y REUSO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA COMUNA 7 DE CUCUTA

SYSTEM FOR THE USE AND REUSE OF UNDERGROUND  
WATER IN THE COMMUNE 7 OF CUCUTA.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **SISTEMA PARA EL USO Y REUSO DE AGUA SUBTERRANEA DE LA COMUNA 7 DE CUCUTA**

## **SYSTEM FOR THE USE AND REUSE OF UNDERGROUND WATER IN THE COMMUNE 7 OF CUCUTA.**

Sandra María Rozo Gelvez,  
Jesús Antonio Villamizar Loaiza,  
Gerson David Cordero Estévez,  
Jonathan Gabriel Silva Jurgensen

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA) – Regional Norte de Santander  
CENTRO DE LA INDUSTRIA, LA EMPRESA Y LOS SERVICIOS  
Email de correspondencia: Jgsilva02@misena.edu.co

### **RESUMEN**

En la búsqueda e implementación de un proyecto sostenible, de carácter interdisciplinario, ofrecido por el centro CIES, con participación de la comunidad científica y tecnológica orgullosamente formada en nuestras instalaciones. Nace la iniciativa de solucionar una problemática de uso indebido y poca frecuencia en el servicio de abastecimiento del agua y sin redes de distribución, para una gran cantidad de familias que pernoctan allí. Es de aclarar que actualmente estas familias no cuentan con un sistema definido de alcantarillado que satisfaga adecuadamente sus necesidades sanitarias, menos que haga una debida recolección de las aguas residuales, ocasionando una situación sanitaria alarmante que hoy necesita una solución rápida y concreta.

Esta comunidad que actualmente cuenta con personería jurídica y una junta comunal estable, ha manifestado una actitud de aceptación, colaboración y apoyo absoluto a la implementación de esta iniciativa, la cual evidencia un cambio en la calidad de vida y un impacto positivo a la biodiversidad existente en este territorio. Este proyecto intenta dar una solución innovadora desde la visión científica y tecnológica existente en nuestro centro de formación, con la implementación de un sistema de recolección, concentración, purificación, y re-uso de las aguas subterráneas emitidas por el asentamiento los CARACOLES que está ubicado en el sector seleccionado para la implementación de nuestra propuesta.

**Palabras clave:** Agua – subterránea – residuales – Sistema – abastecimiento

## **ABSTRACT**

In the search and implementation of a sustainable project, of interdisciplinary character, offered by the CIES center, with the participation of the scientific and technological community proudly formed in our facilities. The initiative was born to solve a problem of improper use and infrequency in the service of water supply and without distribution networks, for a large number of families who spend the night there. It should be made clear that currently these families do not have a defined sewerage system that adequately meets their sanitary needs, unless they make a proper collection of wastewater, causing an alarming health situation that today needs a quick and concrete solution.

This community, which currently has legal status and a stable communal board, has shown an attitude of acceptance, collaboration and absolute support for the implementation of this initiative, which shows a change in the quality of life and a positive impact on biodiversity in this territory. This project tries to provide an innovative solution from the scientific and technological vision existing in our training center, with the implementation of a system of collection, concentration, purification, and reuse of groundwater emitted by the settlement CARACOLES that is located in the sector selected for the implementation of our proposal.

**Key words:** Water - underground - residuals - System - supply

## **INTRODUCCIÓN**

La comunidad del asentamiento los Caracoles se encuentra ubicada el sector noroccidental de Cúcuta, ciudadela de Juan Atalaya, comuna 7, con coordenadas aproximadas de 7°55'26,71" N y 72°31'51.44" O, a una altura de 287 m.s.n.m., El medio de transporte comúnmente usado por los habitantes del sector es la moto debido a las malas condiciones de la vía y la ausencia de transporte público.

El problema a resolver en la comunidad del asentamiento Los Caracoles es la ausencia de un suministro continuo de agua, el cual se puede mejorar con el uso de un pozo subterráneo para un mini acueducto, disminuyendo la contaminación de las fuentes por el tratamiento realizado, el seguimiento del contenido de DBO y caracterización físico-químico del agua, y garantizar agua potable para la comunidad.

La comunidad del asentamiento Los Caracoles se ubica en un sector vulnerable y se conforma por familias de escasos recursos, desplazadas por la violencia y desplazadas de Venezuela por la crisis fronteriza; caracterizadas por ser núcleos multifamiliares liderados por madres cabeza de familia con un importante número de niños y adultos mayores.

La solución al problema se constituye en la instalación de un sistema integral de tratamiento de agua consistente en la perforación de un pozo y la extracción del agua con previo estudio del suelo y estudio físico - químico del agua, que promueve las actividades de filtrado, suavizado y micro-filtrado. Este proceso se efectúa conexas al ciclo hidráulico permitiendo un constante retorno del agua necesaria para el abastecimiento continuo.

Las aguas subterráneas son ampliamente aprovechadas como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano. Supliendo las necesidades de agua de la población Los Caracoles de una manera eficiente, confiable en calidad y cantidad ajustable al presupuesto del proyecto.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

El agua ha sido tema de interés debido al papel vital que este recurso juega en la vida humana y su creciente escasez para abastecer los servicios requeridos.

Según García (1982), en su publicación sobre “El Reuso del Agua y sus Implicaciones”, señala que se ha incursionado en una fase de mayor alcance al enfocarse al reuso del agua. La razón es sencilla: el aumento en el uso de agua potable (término que significa agua con niveles de calidad para el consumo humano) para otros fines, por ejemplo, el riego de prados y jardines. En regiones en donde el agua es escasa, no es posible que se sigan desarrollando los centros urbanos, con el aumento en la actividad humana e industrial correspondiente, sin tener que recurrir a grandes inversiones en obra de infraestructura hidráulica para cubrir la demanda de una manera sustentable.

Aparte de agotar todos los recursos tecnológicos a nuestro alcance para disminuir el uso de agua en el hogar y en las actividades comerciales e industriales, es necesario pensar en esquemas que permitan el buen uso del agua en las ciudades; es decir, reutilizar el agua, que de otra manera se convertiría en agua residual, tantas veces como sea posible mediante tratamientos adecuados. Con estos esquemas, que no son nuevos pero que hasta ahora han sido apenas incipientes, se podría utilizar agua de menor calidad en actividades que así lo permitan y con ello liberar la de alta calidad sólo para consumo humano u otros usos especializados.

Uso del agua: Dependiendo de la complejidad de la actividad urbana y de las fuentes de abastecimiento disponibles las cuales pueden ser de origen subterráneo o de origen superficial, en general, el agua se introduce a un sistema de abastecimiento de agua potable que consiste en: obras de captación, un proceso de potabilización, tubería de conducción, tanques de almacenamiento y tubería para la red de distribución. También el sistema de agua potable puede ser alimentado por medio de un pozo, en el cual la mejor forma de extraer el agua es mediante una bomba. Por lo tanto, el agua está lista para ser consumida en los hogares, comercio e industria, para luego ser canalizada mediante un sistema de drenaje por medio de una conexión domiciliar y con ello realizar un tratamiento del agua residual previa a ser descargado al cuerpo receptor (suelo, río, lago, etc.), o por aplicación directa al suelo. Otra forma de saneamiento domiciliar es la conexión directa a una fosa séptica en donde se genera el tratamiento y luego es descargado al cuerpo receptor o al suelo.

Bioconstrucción: Según Fundación Tierra (1994), en su publicación sobre la “Bioconstrucción, Gestión del Agua”, se dispone de múltiples tecnologías para el ahorro de agua. La instalación de reductores de caudal permite reducir el flujo de agua manteniendo su presión. Pueden instalarse en las duchas, aunque también se instalan fácilmente en cualquier grifo sustituyendo el filtro y/o el difusor y los tanques con regulación del caudal también permiten un ahorro de agua considerable. Sin embargo, los inodoros de

compostaje (elaboración de una capa superficial del suelo, obtenida artificialmente por descomposición bioquímica en caliente de residuos orgánicos) constituyen una alternativa mucho más radical. Los inodoros de compostaje facilitan con una buena aireación el trabajo de bacterias que transforman las heces y parte de los orines en compuestos fertilizantes sin más necesidad que una ventilación forzada para que no se produzcan putrefacciones sin aire. Existen varios tipos de estos inodoros, algunos de los cuales utilizan pequeñas cantidades de agua. Los inodoros de compostaje evitan las aguas negras y proveen de un producto útil para enriquecer con abono a la tierra. En estos inodoros el agua de los orines se vaporiza en el propio proceso de descomposición. A pesar de las ventajas de estos equipos su adopción choca con barreras culturales.

En la naturaleza no existen residuos porque los desechos de una especie constituyen el alimento de otra. La bioconstrucción utiliza este principio para depurar las aguas residuales (negras y grises) y devolverlas para su reutilización.

Los sistemas de depuración natural por humedales se fundamentan en los procesos de autodepuración de los ecosistemas acuáticos: lagunas, ríos, graveras, cascadas, etc., imitándolos y recreándolos en un espacio controlado y con un funcionamiento más intensivo, según las necesidades de los habitantes de la vivienda y del entorno. Estos sistemas se caracterizan por instaurar una gran diversidad biológica. Este sistema reduce la materia orgánica del agua, que es digerida por microorganismos anaeróbicos y posteriormente aeróbicos; los nutrientes, que son asimilados por animales y plantas; y los patógenos, que quedan reducidos en un 99%. De esta manera, se devuelven las aguas al medio con unas óptimas condiciones, para que puedan ser absorbidas por la naturaleza sin interferir en el curso natural del agua (Fundación Tierra, 1994).

Modelo de reuso: En estas circunstancias, la idea de la reutilización convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual, es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización. Este hecho tiene un efecto benéfico desde el punto de vista del consumo de agua potable. Al reusar agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen y, por lo tanto, también la cantidad descargada. Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente proporcional al volumen de agua); tercero, por la disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios (García, 1982).

Aunque es necesario encontrar la tecnología apropiada que alcance el nivel de eficiencia requerido, es posible, en la mayoría de los casos, encontrar esquemas de tratamiento orientados al reuso que sean rentables, en los cuales se logren ahorros considerables por un menor consumo de agua fresca. En la medida que la tecnología avanza y los precios reales del agua se incrementan con el tiempo, el esquema de reutilización se volverá cada vez más atractivo, según García (1982).

El agua potable es a menudo un recurso escaso y susceptible de contaminación por las aguas negras (procedentes de los inodoros y cargadas con materias fecales) y grises (procedentes de cocinas y lavamanos, cargadas con detergentes y restos de alimentos y materia orgánica). La reutilización, la depuración mediante cadenas tróficas y el retorno al



medio ambiente en óptimas condiciones son los principios que rigen la gestión del agua en la bioconstrucción.

Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales: La composición del agua residual se refiere a las propiedades físicas y a los componentes químicos, biológicos y microorganismos patógenos de origen fecal del agua residual; parámetros importantes para el proyecto y explotación de las instalaciones de recogida, tratamiento y vertido, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental, según Mujeriego (1990) y Metcalf y Eddy (1991).

La calidad de un agua residual se determina normalmente con parámetros globales de contaminación como lo son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Pero estos no son los parámetros de calidad que toman mayor importancia cuando se trata de utilizar el agua residual como agua de riego sino aquellos elementos químicos que afectan al crecimiento de las plantas o a las propiedades del suelo.

En este contexto el principal parámetro de calidad es el contenido de sustancias inorgánicas o minerales disueltas que, además, no experimenta una variación importante en la mayoría de procesos de tratamiento de agua residual. Además de los parámetros físicos y químicos presentados en el agua residual municipal, contiene microorganismos patógenos de origen fecal, tal como bacterias, virus, protozoos y gusanos parásitos. Debido al alto número de

Micro organismos patógenos presentes tanto en el agua como en el agua residual, y de la dificultad práctica para determinarlos, se usan bacterias del grupo coliforme mucho más numerosas y fáciles de determinar, como indicadoras de la presencia de entero patógenas en el afluente tratado y en el agua regenerada. La presencia de coliformes fecales en un agua se considera como indicación de la posible presencia de microorganismos patógenos, mientras que la ausencia de coliformes se considera como indicación que el agua está libre de microorganismos patógenos (Mujeriego, 1990).

Método de reuso de agua en una vivienda: Es un método muy sencillo, pero requiere de previsión al momento de diseñar, rehabilitar o modificar una vivienda. Una persona consume entre 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> cada año de agua potable en el tanque del inodoro. Hay muchas maneras de reutilizar una parte del agua del abastecimiento, y una de las viables es simplemente reutilizar el agua de la ducha y lavamanos para emplearla en el tanque del inodoro. El tanque utiliza, comúnmente, agua potable regularmente consume de 6 a 8 litros (depende del tipo de taza sanitaria utilizada).

Reutilizando el agua de la ducha y lavamanos para su empleo en el tanque se pueden ahorrar aproximadamente quinientos litros a la semana, ya que más de un tercio del agua que se utiliza es para el inodoro (Ecoagua, 1999).

El agua de las duchas, bañeras y lavamanos se puede reutilizar para el tanque del inodoro, donde las aguas grises son almacenadas en un depósito acumulador y por medio de tubería de PVC el agua es conducida para la alimentación del tanque del inodoro. En la reutilización de aguas grises se necesita una mayor seguridad en su manipulación, por lo que se recomienda la depuración físico – químicas de las aguas procedentes de duchas, lavamanos y bañeras, donde por medio de una malla fina sirva como tamiz para no permitir el ingreso de sólidos y con la aplicación de cloro se desinfecte el agua del depósito ya que

se encuentra contaminada. Hay muchas formas de instalar un sistema de reutilización de agua, la viable energéticamente es aquella que permite prescindir de bombas aprovechando la misma presión del agua, para esto el depósito acumulador y el tanque del inodoro han de estar ubicados a diferentes niveles, o bien se puede aprovechar el agua de un piso superior. En el caso en que no se tenga esta diferencia de altura, o sea una vivienda de un solo nivel, es necesario utilizar una bomba la cual permitiría subir el agua del depósito al segundo nivel o distribuirla en todo el nivel inferior.

Por lo tanto, es imprescindible un depósito de almacenaje intermedio, un filtro sencillo (para pelos y otros posibles restos) y un sistema que permita al tanque tomar agua limpia en caso de necesidad. Esto último se puede conseguir disponiendo una entrada de agua regulada con una llave de paso en el tanque del inodoro o bien mediante una simple llave regulada con flotador en el interior del depósito acumulador.

La recogida o almacenaje de las aguas procedentes de duchas, bañeras y lavadoras para su reutilización en los tanques de los inodoros, consigue un ahorro aproximado entre el 35 y el 45% del consumo normal (es necesario tener en cuenta la estructura de la unidad familiar, es decir, la cantidad de personas que forman la familia).

El agua consumida por duchas, bañeras y lavadoras es canalizada hasta el depósito de aguas grises, situado en el lugar más idóneo de la casa, como se puede ver en la propuesta del diseño del depósito acumulador este lugar sería una bodega o por falta de espacio podría ir enterrado en el jardín. Cuando se acciona el dispositivo de descarga de los tanques de los inodoros y se descarga ésta, la bomba que lleva incorporada el depósito acumulador impulsa las aguas grises para volver a cargar los tanques de los inodoros.

La mejor forma de poder adaptar estos sistemas es en viviendas en construcción ya que ello permite prever las necesidades de preinstalación. En viviendas construidas, es necesario considerar las características específicas de dichas viviendas para poder aconsejar la instalación de los sistemas de reutilización de aguas grises. Las posibles incompatibilidades con instalaciones antiguas se basan en la posibilidad de poder instalar la doble canalización para las aguas grises. En este sentido se aconseja la evaluación de la instalación como cualquier otro tipo de instalación de fontanería. En caso de una reforma es necesario plantearse las posibilidades que ofrece nuestra vivienda para instalar los sistemas de reutilización de aguas grises.

Las aguas negras procedentes de inodoros son conducidas a una fosa séptica, para luego pasar a un sistema de riego subterráneo en el área de jardinería, con tuberías perforadas que se entierran en el suelo a una determinada profundidad creando un riego por goteo constante. En el caso en donde las aguas negras están conectadas al colector municipal, el sistema de riego propuesto no aplicaría y por lo tanto no sería necesaria la construcción de una fosa séptica.

Reuso de agua residual para riego: La reutilización directa de aguas residuales depuradas ha estado desarrollada en aquellos países con elevada capacidad tecnológica, escasez de agua y un nivel económico alto (Salgot, 1994). Estas circunstancias se han dado principalmente en dos lugares, California (EUA) e Israel. Posteriormente también se desarrollaron en Arizona, Florida y otros estados de los EUA, en Japón y en los países árabes con potencial económico.

Últimamente, en América Latina se está detectando un interés creciente por este recurso, afirma Salgot (1994). Las reutilizaciones más importantes son las que, por diferentes motivos consisten en la aplicación de agua residual depurada al suelo. La reutilización donde predominan criterios de riego, es decir, aquella en la cual el uso del agua se efectúa en función del agua residual depurada como agua de riego.

## **METODOLOGÍA**

En la metodología planteada para la ejecución eficiente del sistema para el uso y reuso de agua subterránea de la comuna 7 de Cucuta se plantean seis fases en su etapa inicial; y una interacción cíclica a partir de ellas.

**FASE 1 – ANALISIS:** Estudios geológicos y geotécnicos in situ

**FASE 2 – PREPARACIÓN:** Definición y preparación de zona del proyecto

**FASE 3 – EXPLORACIÓN:** Perforación y acondicionamiento del pozo

**FASE 4 – DISEÑO:** Definición del sistema de la planta de extracción, tratamiento y almacenamiento de agua, al igual que las redes de reciclo y distribución.

**FASE 5 – EVALUACIÓN:** Medir el impacto que dará la implementación del sistema para la comunidad.

**FASE 6 – SOCIALIZACIÓN:** Comprensión, manejo y bondades del sistema para la comunidad

### **Impacto esperado**

**Impacto ambiental:** este se dará a través del re-uso y reciclo de las aguas subterráneas encontradas en el asentamiento los caracoles.

**Impacto económico:** Se reducirán los costos económicos por concepto de consumo de agua potable, reflejados en la facturación mensual, y se generara un ambiente de ahorro de dinero en la comunidad.

**Impacto cultural:** Nace la necesidad de cambiar nuestra idea de despilfarro y mal uso del preciado líquido, implementando modelos que demuestren que, si se puede ser racionales con los recursos que actualmente tenemos, y que podemos generar soluciones tendientes al ahorro, el reciclaje, la reutilización, la reparación, el mejoramiento y la protección de nuestros tesoros naturales.

## CONCLUSIÓN

Desde la presentación a la comunidad los caracoles de la propuesta de realizar un proyecto encaminado a dar un re-uso y reciclaje de las aguas grises generadas en sus distintas actividades domésticas, y de crear métodos de aprovechamiento del 50% aproximadamente de éstas aguas, más la posibilidad de preservar e incentivar el cuidado de la biodiversidad ambiental existente en los alrededores del sector; la aceptación y receptividad para tales eventos fue inmensa además de motivante para quienes hicimos los acercamientos y la socialización de las actividades tendientes a puntualizar los procesos necesarios para esta convocatoria.

Actividades realizadas de verificación de la viabilidad de la comunidad los caracoles para la realización del proyecto: • Los días 25, 26 y 27 de mayo, se hicieron visitas constantes al sector para determinar las necesidades de esta comunidad, así como las características del terreno, más nivel de vulnerabilidad y posibilidad de participación activa de la comunidad en el desarrollo del proyecto.

El día 18 de junio se realizó otra reunión con la junta de acción comunal del sector los caracoles para establecer los niveles de participación y sugerencias por parte de la comunidad sobre la fabricación, y desarrollo del proyecto de la convocatoria. En síntesis, de esta reunión se establecieron las siguientes acciones: La comunidad participará activamente en todas las fases del proyecto, la participación se llevará a cabo en dos aspectos que son; a. Trabajo directo (mano de obra). b. Apoyo en las campañas de capacitación, la comunidad delegará un comité para su capacitación técnica en la institución formativa SENA, con el objetivo de obtener el conocimiento necesario para el mantenimiento y sostenimiento del proyecto.

Expectativas: la comunidad manifiesta ansiosamente la necesidad de realizar un proyecto de este alcance en su sector; ya que actualmente tienen graves deficiencias de suministro de agua potable por parte de la empresa prestadora de tal servicio, y por su posición geográfica y vulnerabilidad socioeconómica no cuentan con los recursos necesarios para crear soluciones reales a esta problemática. Además, su comunidad está compuesta por un gran número de madres cabeza de hogar y población infantil ampliando la imposibilidad de generar estas soluciones. Temores: el mayor temor de esta comunidad es el abandono social, y en cuanto a la implementación de este proyecto solo tienen expectativas positivas e interés de que sea ejecutado cuanto antes. Requerimientos: tal vez el mayor requerimiento manifestado por los habitantes ha sido la posibilidad de participar activamente en todos los procesos de la ejecución del proyecto, más la probabilidad de ampliar las utilidades del agua tratada en actividades agrícolas tendientes a mitigar necesidades laborales y de sostenimiento para algunas familias. Por lo anterior se puede concluir que la comunidad de los caracoles manifiesta un amplio apoyo y deseo de participación activa en todas las fases de implementación, desarrollo, capacitación, mantenimiento y sostenimiento de la elaboración de un sistema (nombre del proyecto) convocado a través de esta iniciativa de Colciencias.

## REFERENCIAS

- ASANO, T.; LEVINE A.D. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. *Water Sci. and Tech* n.33(10-11), p. 1-14. 1996
- BELL, P.F.; JAMES, B.R.; CHANG, R.L. Heavy metal extractability in long-term sewage sludge and metal salt-amended soils. *J. Environmental Quality* n. 20, p. 481-486. 1991
- CASTAÑÓN, V.M.; MORALES, A.; PÉREZ-HERNANDEZ, H. Efectos del reúso de aguas residuales sobre los recursos de agua subterránea para uso urbano en el Valle de León, Guanajuato.
- Reporte técnico GSA/95/2. Comisión Nacional del Agua, British Geological Survey y Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. 1995
- CHANG, A.C.; WARNEKE, J.A.; PAGE, A.L.; LUND, L.J. Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *J. Environmental Quality* n. 13, p. 87-91. 1984
- CHILTON, P.J.; MORRIS, B.L.; FOSTER, S. Los recursos hídricos subterráneos y la disposición de aguas residuales urbanas, interacciones positivas y negativas. VII Curso Internacional OMS-PNUMA-GEMS/OPS-CEPIS/ODA-BGS. 42 pp. 1996
- Achaerandio Zuazo, L. y Caballeros, H. (2001). Guía General para Realizar Trabajos de Investigación en la URL. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 2. Acuerdo Gubernativo No. 13 (2,003).
- Reglamento de la Calidad de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores. Manuscrito Inédito. Palacio Nacional. Guatemala. 3. Agrodesierto, S.L (1999).
- Investigación, Conservación y Desarrollo de Zonas Áridas. Programas Tecnológicos. Manuscrito Inédito. España: Edita. (En red). Disponible en: [www.agrodesierto.com/](http://www.agrodesierto.com/) 4.
- CEPIS (2004). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Manuscrito Inédito. Organización Panamericana de la Salud. (En red). Disponible en: [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org) 5. Díaz Illescas, Luis Antonio (2003).
- Diseño de la Ampliación de la Red de Distribución de San Andrés Itzapa, Chimaltenango y del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Aldea Los Corrales, Cajagualten. Tesis Inédita. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 6. Ecoagua (1999).
- Depuración y Reutilización de Aguas Grises. Manuscrito Inédito. Organización Mediterránea. Barcelona: Edita. (En red). Disponible en: [www.ecoagua.com/3.html](http://www.ecoagua.com/3.html) 7. Fundación Tierra (1994).
- Bioconstrucción. Gestión del Agua. Manuscrito Inédito. Protectorado del Ministerio de Educación Cultura. Barcelona: Edita (En red). Disponible en:

[www.terra.org/html/s/rehabilitar/bioconstruccion/criterios/gestion\\_agua.html](http://www.terra.org/html/s/rehabilitar/bioconstruccion/criterios/gestion_agua.html) 8.  
García Orozco, Jorge (1982).

El Reuso del Agua y sus Implicaciones. Manuscrito Inédito. Vanderbilt University. Estados Unidos: Edita. (En red). Disponible en: [www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/Transferencia52/eli4-52.html](http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/Transferencia52/eli4-52.html) 9.

Instituto de Fomento Municipal (Infom), (2000). Especificaciones Generales de Construcción. Bases de Licitación de Obras. Manuscrito Inédito. Instituto de Fomento Municipal (1ra. Edición). Guatemala: Edita. 10. Intertramp, S.L (2002).

Procesos y Normas de Construcción y Dimensionamiento. Fosa Séptica. Manuscrito Inédito. Registro Mercantil de Madrid. España: Edita. (En red). Disponible en: [www.itpdepuracion.com/procesos%20y%20normas%20de%20construccion%20dimensionamiento\\_page.htm](http://www.itpdepuracion.com/procesos%20y%20normas%20de%20construccion%20dimensionamiento_page.htm) 11. Jorgensen, G. y Norum, K. (1993). Subsurface drip irrigation: Theory, practices and application conference. (Edición Única). California, EE.UU: Edita. 12. Mayorga, R. (1999).

Diseño de Abastecimientos Rurales de Agua Potable. Manuscrito Inédito. Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala: Edita. 13. McGhee, T. (1999).

Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Ingeniería Ambiental. (6ta. Edición). Colombia: Edita. 14. Merritt, F., Loftin, M. y Ricketts, J. (1999). Manual del Ingeniero Civil. (4ta. Edición). México: Edita. 15. Metcalf, A. y Eddy, J. (1991).

Ingeniería Sanitaria. Agua Residual Municipal. En red). Disponible en: [www.mie.esab.upc.es/arr/T18E.htm](http://www.mie.esab.upc.es/arr/T18E.htm) 16. Morales, J. (2003). Infojardín.

Sistemas de Riego. Riego Subterráneo. Manuscrito Inédito. España: Edita. (En red). Disponible en: [www.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm](http://www.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm) 17. Mujeriego, R. (1990).

Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Calidad de un Agua de Riego. (En red). Disponible en: [www.mie.esab.upc.es/arr/T21E.htm](http://www.mie.esab.upc.es/arr/T21E.htm) 18. Raluy, A. (1991).

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Jonathan Gabriel Silva Jurgensen es ingeniero industrial egresado de la Universidad Libre con especialización en investigación de mercados y candidato a Magister en Educación Virtual, con cerca de cinco años de experiencia en el campo de la gestión de proyectos, instructor líder de diversas formaciones tecnológicas, gestor del Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico y miembro del Semillero de Investigación en Marroquinería y Calzado SEINMARCAL, coautor de diversas iniciativas de índole empresarial con énfasis en la reutilización de residuos y aminoramiento de impactos ambientales, actualmente es líder del proceso de desarrollo curricular para los instructores del área de industria en la regional Norte de Santander. Teléfono de contacto: 317 575 62 45. Email de contacto: [jgsilva02@misena.edu.co](mailto:jgsilva02@misena.edu.co).



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO ADECUADO A LOS RESIDUOS SOLIDOS RECUPERABLES PARA LA CIUDAD DE CÚCUTA

AN INTEGRATED SYSTEM FOR THE APPROPRIATE TREATMENT  
OF RECOVERABLE SOLID WASTE FOR THE CITY OF CÚCUTA



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO ADECUADO A LOS RESIDUOS SOLIDOS RECUPERABLES PARA LA CIUDAD DE CÚCUTA**

## **AN INTEGRATED SYSTEM FOR THE APPROPRIATE TREATMENT OF RECOVERABLE SOLID WASTE FOR THE CITY OF CÚCUTA**

Jonathan Gabriel Silva Jurgensen, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) – Regional Norte de Santander, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios, Email de correspondencia: Jgsilva02@misena.edu.co

### **RESUMEN**

Existe una problemática ambiental que afecta mutuamente al medio ambiente y la humanidad. Un factor determinante es el manejo inadecuado de las basuras y residuos sólidos recuperables generados por el ser humano en las actividades domésticas e industriales para su desarrollo activo en sociedad. En el entendido de que medio ambiente se define en el concepto de la norma ISO 14001:2004; como el entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos, y sus interrelaciones. Es claro que el manejo inadecuado de las basuras y residuos sólidos recuperables afecta la vida e integridad del ser y todo lo que lo rodea. Por tanto; es absolutamente necesario implementar inmediatamente un sistema integrado de reúso, reciclaje, recolección, transformación, y reutilización del material formado a partir de los desechos, que permita mitigar el impacto ambiental, mejorar las condiciones ambientales para la sana existencia del ser, y preservar los recursos naturales existentes.

Este sistema se basa en cuatro fases que son capacitación, sensibilización, diseño e implementación, las cuales permitirán cambiar la cultura en el manejo de los residuos sólidos desde los hogares y las empresas, hasta llegar a impactar en el mejoramiento del sector productivo de la ciudad de Cúcuta, teniendo productos más competitivos gracias al bajo costo que se tendrá al momento de darle un nuevo uso al vidrio, cartón, plástico y desechos de la construcción, los cuales son pilares para el desarrollo de la industria local previo análisis de caracterización del sector económico y social obtenido de informaciones de tipo secundario.

**Palabras clave:** Problemática, ambiental, humanidad, manejo, residuos.



## ABSTRACT

There is an environmental problem that mutually affects the environment and humanity. A determining factor is the inadequate management of the garbage and recoverable solid residues generated by the human being in the domestic and industrial activities for its active development in society. In the understanding that environment is defined in the concept of ISO 14001:2004; as the environment in which an organization operates, including air, water, soil, natural resources, flora, fauna, human beings, and their interrelationships. It is clear that improper management of trash and recoverable solid waste affects the life and integrity of the being and everything around it. Therefore, it is absolutely necessary to immediately implement an integrated system of reuse, recycling, collection, transformation, and reuse of the material formed from waste, which allows to mitigate the environmental impact, improve the environmental conditions for the healthy existence of being, and preserve the existing natural resources.

This system is based on four phases that are training, sensitization, design and implementation, which will allow to change the culture in the handling of solid residues from the homes and the companies, until arriving to impact in the improvement of the productive sector of the city of Cúcuta, having more competitive products thanks to the low cost that will have at the moment of giving a new use to the glass, cardboard, plastic and remainders of the construction, which are pillars for the development of the local industry previous analysis of characterization of the economic and social sector obtained of information of secondary type.

**KEY WORDS:** Problematic, environmental, humanity, management, waste.

## INTRODUCCION

La problemática ambiental se ha convertido en tema necesario a tratar a nivel mundial “*En Europa por ejemplo La cantidad de desechos municipales en el oeste europeo se incrementó en 23% entre 1995 y 2003, alcanzando 577 kg por persona en el año 2003 (Unilibre 2011)*”, en especial por los representantes de las grandes potencias; y aunque se hacen esfuerzos constantes para confrontar esta situación, y se toman medidas que en los documentos generan grandes resultados, estos resultan ser ineficaces a la práctica, representando un alto costo económico y social que desmejora con el pasar del tiempo. Por ello; la alternativa de desarrollar un Sistema Integrado de Tratamiento Adecuado a las Basuras y los Residuos Sólidos Recuperables “SALVA VIDAS”, brinda una alternativa completamente viable y factible para mitigar esta problemática, y aprovechar totalmente todos los residuos orgánicos e inorgánicos recuperables (todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades), mediante tres fases que se integran simultáneamente para reusar y reciclar, recolectar, transformar, y dar una adecuada reutilización del material formado a partir de los desechos, con el agregado de involucrar a todas las personas en un método de sensibilización, educación, y ejecución de distintas actividades que conllevan al cambio de pensar y actuar del hombre de hoy, y asimismo ser transmitido como cultura ambientalmente sostenible a las futuras generaciones.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

El Ministerio del Medio Ambiente (Ley 99 de 1993); el Plan Nacional de Desarrollo Alternativo “Plante”; las Corporaciones Autónomas Regionales “CAR”; el Departamento Administrativo del Medio Ambiente “DAMA”; la protección y preservación del medio ambiente “Es un tema de todos y para todos”, que obliga a generar alternativas bio-saludables con Responsabilidad Social, que permitan la participación activa de todos los sectores económicos y los individuos de la sociedad. Por ello, este Sistema Integrado de Tratamiento Adecuado a las Basuras y Residuos Sólidos Recuperables- nace como la alternativa más acertada para mejorar esta realidad ambiental; integrando a todas las personas en un solo fin ecológico, con la posibilidad de pasar de generador potencial de contaminación; a elemento solucionador de las causas de contaminación; y en consecuencia ser parte activa de la construcción de un entorno natural más agradable y seguro para la vida humana, animal y silvestre del planeta tierra.

## **METODOLOGIA**

### **Objetivo general:**

Diseñar un sistema adecuado de tratamiento de residuos sólidos recuperables en la ciudad de Cúcuta.

### **Objetivos específicos:**

- 1- Capacitar a la comunidad en general, a través del recurso humano y tecnológico.
- 2- Sensibilizar a las autoridades del orden local, departamental y nacional del beneficio costo - ambiente por el uso adecuado de los desechos domésticos generados.
- 3- Diseñar las estrategias “Salva Vidas” encaminadas a la disminución del impacto ambiental.
- 4- Implementar las estrategias “Salva Vidas” diseñadas para la ejecución eficiente de los recursos humanos, tecnológicos y legales existentes.

En la metodología planteada para la ejecución eficiente del Sistema Integrado de Tratamiento Adecuado a las Basuras y Residuos Sólidos Recuperables “Salva Vidas”, se plantean tres fases en su etapa inicial; y una interacción cíclica a partir de ellas.

### **Primera fase:**

a. Inicialmente se plantea la capacitación de la comunidad en general, a través del recurso humano y tecnológico “Salva Vidas” sobre las distintas formas de Protección y preservación de la vida humana, el medio ambiente, y el paisaje natural; mediante el manejo adecuado de los distintos tipos de residuos (*todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades*) a los que mediante un debido tratamiento de reúso, recicló, recolección, transformación y reutilización como material transformado, se les pueda devolver su utilidad original u otras utilidades.

b. Además de la sensibilización de autoridades del orden local, departamental y nacional del beneficio costo - ambiente por el uso adecuado de los desechos domésticos generados (*todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades*), mediante la culturización y apropiación técnica de las estrategias desarrolladas por el proyecto “Salva Vidas”, para la protección y preservación del medio ambiente en conexidad con la protección de la vida en condiciones dignas.

### **Segunda fase:**

a. Paso seguido; dentro de las estrategias “Salva Vidas” encaminadas a la disminución del impacto ambiental a través de la reducción de los factores contaminantes relacionados con las basuras y residuos sólidos recuperables (*todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades*) generados por las actividades doméstico – industriales del ser humano, para la incubación de alternativas de desarrollo ambiental, social, económico y cultural en el área metropolitana de Cúcuta. Se propone la proporción de puntos ecológicos con la demarcación adecuada, además de recipientes biodegradables (bolsas), para la correcta clasificación por parte de la ciudadanía en los mismos, y así mismo la fácil recolección que se hará en forma gratuita y constante; para el posterior traslado de los residuos en los centros de acopio, donde se dará inicio a la fase de transformación y reutilización en los diferentes campos del sector productivo.

b. Como complemento a literal anterior y en procura de dar correcta Implementación a las estrategias “Salva Vidas” diseñadas para la ejecución eficiente de los recursos humanos, tecnológicos y legales existentes; en pro de garantizar el cabal cumplimiento de los objetivos propuestos sin dilación ni separación del sentido ambiental, social, económico y cultural del proyecto. Se formula un plan de mantenimiento periódico de los puntos de acopio en los sectores residenciales, comerciales e industriales del territorio “Salva Vidas” (todo lugar físico donde se desarrolle la alternativa medio ambiental del presente proyecto), así como el barrido de las calles, áreas públicas y comunes, en cumplimiento al objetivo de preservación y embellecimiento del paisaje natural.

### **Tercera fase:**

a. En esta fase se dispone el almacenamiento adecuado de los desechos previamente clasificados y seleccionados, así como la separación según sus características físicas y químicas, para la identificación de las propiedades de los mismos, y en posterior, dar la ubicación según el proceso de transformación que se desee para cada elemento.

b. Paso seguido; iniciar la transformación al desecho recolectado según el proceso preestablecido para la obtención de producto terminado. Asimismo, teniendo en cuenta las políticas ambientales y normas legales vigentes para la elaboración de estos productos finales; se fabricarán piezas que sirvan como materiales en obras de construcción y elementos afines, que cumplan con las especificaciones técnicas para la reutilización en actividades del sector productivo. Dando así cumplimiento al espíritu ecológico del proyecto con la implementación de alternativas autosostenibles y aplicables, centradas en la realidad política y social de la sociedad actual.

c. Finalmente se hará la respectiva promoción y comercialización de los productos obtenidos a partir de los procesos de transformación preestablecidos en los distintos elementos recolectados, con el fin de obtener ingresos económicos que garanticen la auto-sostenibilidad económica del proyecto, la debida compensación monetaria en condiciones dignas dentro de los parámetros de ley para el recurso humano vinculado a “Salva Vidas”, e igualmente que el cubrimiento de los costos operacionales y no operacionales pertinentes a la materialización del proyecto como idea de negocio ambientalmente sostenible.

#### **Fase cíclica:**

Es la retroalimentación de las fases anteriores con un mejoramiento continuo, la capacitación constante del recurso humano, el desarrollo tecnológico necesario, y la adhesión de nuevos territorios interesados en obtener los magnos beneficios del Sistema Integrado de Tratamiento Adecuado a las Basuras y Residuos Sólidos Recuperables “Salva Vidas”.

### **Impacto esperado**

#### **Ámbito ambiental:**

Al hablar de resultados ambientales necesariamente se debe hablar de problemas ambientales; y estos han sido permanentes desde que el ser humano tomó la decisión de sobresalir dentro de su comunidad. Dentro de este anhelo de evolución se han formulado planes de contingencia para intentar manejar adecuadamente los desechos generados por el mismo; como son: los rellenos sanitarios, las campañas de prevención, las acciones de reciclaje, las políticas de protección de los recursos naturales, y demás; que, aunque han mitigado los factores de deterioro ambiental, no han sido suficientes al día de hoy; debido a que los efectos de contaminación son variados, y los vectores múltiples. Siendo así; no se pueden emplear soluciones dispersas que, aunque podrían ser adecuadas en su intención, por si solas no logran concretar la terminación de este flagelo. El objetivo general del proyecto “Salva Vidas” es implementar un sistema integrado de tratamiento adecuado a las basuras y residuos sólidos recuperables, lo con el cual pretende brindar una alternativa ambiental que permita al ser humano tener un desarrollo social sin los afectos negativos de la contaminación ocasionada por los desechos generados en sus actividades diarias; y que a su vez admita la posibilidad de aprovecharlos de otra forma si ocasionar una complicación mayor; con la oportunidad de percibir los siguientes resultados:

1. Disminuir focos de infección.
2. Evitar la proliferación de insectos vectores y roedores, que pueden transmitir enfermedades y epidemias.
3. Propender por la protección de las fuentes hídricas subterráneas y superficiales, la flora, y la fauna silvestre.
4. Mitigar la contaminación de los suelos y el aire.
5. Coadyuvar con la protección y preservación de los recursos naturales renovables y no renovables.

### **Ámbito Social:**

El impacto social del proyecto “Salva Vidas” se verá reflejado a través de la incorporación inmediata de talento humano en estado de vulnerabilidad, con la posibilidad de ejercer cualquier actividad requerida en el desarrollo del proyecto, así mismo; se abre la convocatoria para la población emergente del conflicto armado en condiciones de desplazamiento que se ve obligada a salir de sus arraigos para iniciar un nuevo proyecto de vida en otras partes en circunstancias dignas, que les permita brindar sostenibilidad a sus familias y un mejor futuro para ellos mismos. La intención principal del grupo “Salva Vidas” es mejorar las realidades actuales del entorno medioambiental que permite al ser humano su desarrollo personal y profesional, y dar al planeta una oxigenación respecto a la contaminación generada en actividades domésticas e industriales. Dentro de esta ideología se complementan los procesos establecidos en cada fase, además de la capacitación técnica del personal vinculado al proyecto, así como la complementación de los beneficios reglamentados en el ordenamiento jurídico colombiano; para dar una verdadera dirección con responsabilidad social a la idea que revolucionara el manejo actual de las basuras y residuos sólidos recuperables; permitiendo la obtención de los siguientes resultados:

1. Protección de la vida en condiciones saludables.
2. Estimulación de políticas medio ambientales que garanticen al ser un desarrollo social activo sin perjuicio de su integridad personal.
3. Generación de ambientes sociales acordes a la interacción hombre – naturaleza.
4. Aprovechamiento de elementos de consumo sin el juzgamiento de su destino final.

### **Ámbito Económico:**

Económicamente hablando se podría interpretar que el sistema integrado de tratamiento adecuado a las basuras y residuos sólidos recuperables “Salva Vidas”, no pasa de ser un modelo de empresa que cobrará por un servicio de recolección y ubicación de lo recogido en un relleno sanitario, además del cobro por barrido en calles y mantenimiento de las áreas públicas; pero existe una gran diferencia entre este modelo de empresa, y el modelo de negocio socio-ambiental propuesto en el proyecto “Salva Vidas”, ya que en este se cambia por completo el esquema económico ganancial, y su sostenibilidad económica no radica en el cobro de un rubro por el servicio prestado, ni en el subsidio estatal para el beneficio del

mismo. El Sistema “Salva Vidas” obtiene sus ingresos inicialmente de los residuos recolectados apropiadamente por el personal capacitado y certificado para esta labor, los cuales, al recibir el debido tratamiento de clasificación, reúso y reciclaje, permitirá la transformación con fines de reutilización y comercialización del material formado a partir de estos desechos. Originando así, una gama de productos aplicables como materia prima en otras labores industriales, y a su vez enlazará la fabricación de insumos óptimos para el área de la construcción y agricultura con fines sociales; permitiendo la obtención de estos resultados:

1. Eliminación total del costo de recolección y evacuación de las basuras y residuos sólidos recuperables, barrido residencial y mantenimiento de áreas comunes.

2. Generación inmediata de empleos con las garantías legales a través de las fases del proyecto.

3. Obtención de ingresos por aprovechamiento y transformación de elementos considerados de desecho.

4. Reducción del consumo de recursos naturales renovables y no renovables en el sector industrial; a través de la sustitución de algunas de sus materias primas, por materiales elaborados a partir la transformación de las basuras y los residuos sólidos recuperables.

5. Avance económico a través del aprovechamiento de un elemento de fácil adquisición, bajo costo, oferta continua, y demanda permanente.

### **Ámbito Cultural:**

Es frecuente ver como nuestra costumbre radica en dar un uso inadecuado a los residuos y desechos generados a partir del consumo y utilización de los productos necesarios para el desarrollo humano; también es tradicional que exista una empresa que realice un trabajo de recolección y evacuación de los mismos con frecuencias secuenciales, así mismo es habitual ver como todos estos elementos son almacenados en rellenos sanitarios que no son más que focos de contaminación; y que según el manejo que se les pueda dar; podrían llegar a ser un híbrido incontenible de vectores virales. De ahí la importancia de diseñar e implementar medidas que conlleven a mitigar esta problemática, y más aún; que cambien “el chip” de indiferencia, presente en todas las personas sobre este flagelo que nos afecta en mayor o menor medida; y que facilite actuar con sentido de responsabilidad social y apropiación de alternativas bio-saludables por parte de quienes tenemos la administración actual de los recursos renovables y no renovables, para con las futuras generaciones que vengán a dirigir lo que les hallamos dejado, cambiando con esto la cultura del “como a mí no me afecta, no lo arreglo”, e involucrando a todos los seres humanos en un fin común de mejorar la forma como utilizamos el hábitat al que nos hemos adaptado; permitiendo la obtención de estos resultados:

1. Generación de percepción positiva frente a la metodología de reúso, reciclaje y transformación de elementos de desecho.
2. Implantación de costumbres bio-saludables que beneficien al hombre y naturaleza.
3. Modificación de políticas ambientales que incorporen un verdadero sentido de responsabilidad social.
4. Transferencia de conocimientos y estrategias amigables con el medio ambiente a futuras generaciones.

### **Ámbito investigativo:**

En el mundo en que vivimos, se evidencia la necesidad de generar información completa, veraz, tangible y aplicada que garantice la divulgación de todos los avances obtenidos en el campo de la investigación y desarrollo tecnológico; sustentada por universidades, semilleros de investigación y demás entes de investigación, para que esta pueda ser aprehendida y empleada eficazmente en todos los procesos que conlleven a dar un aporte en la prevención y preservación del entorno ambiental, social, cultural y económico de las sociedades. Por ello; el proyecto “Salva Vidas” presenta una opción adecuada para la apropiación de estos conocimientos; los cuales serán ofrecidos gratuitamente a través de la implementación de las tres fases, con el único sentido de permitir al usuario, así como personal interno y externo la interacción “ser – medio ambiente sano”, en los escenarios reales de un sistema necesario para el desarrollo del individuo en la sociedad; permitiendo la obtención de estos resultados:

1. Aprehensión de información veraz, confiable y aplicada.
2. Experimentación propia de un sistema integral que permita al hombre desarrollarse socialmente, sin descuidar la prevención de su entorno natural.
3. Apropiación de información obtenida a través de fuentes fidedignas de información disponibles por el proyecto “Salva Vidas”.
4. Capacitación continua y certificable por el personal calificado “Salva Vidas” sobre los temas manejo ambiental, desarrollo ambientalmente sostenible y culturización amigable con el entorno natural.

## CONCLUSIÓN

La historia ha demostrado que el avance de la sociedad depende de la capacidad que posea el individuo para adaptarse a las distintas circunstancias de su entorno natural; además de la actitud de aceptación y participación en los cambios necesarios para la coexistencia favorable en el trinomio hombre – sociedad – medio ambiente. Es por ello; que nace la necesidad de adoptar medidas viables con respecto a la amenaza de la existencia misma del ser humano, que hoy representa el mal manejo de los residuos desechados continuamente, y que anexo a los altos volúmenes de éstos, se le debe sumar el factor contaminación – espacio, que deja pocas esperanzas para seguir con el procedimiento tradicional. Es aquí donde cabe perfectamente la solución innovadora formulada en el Sistema Integrado de Tratamiento Adecuado de Basuras y Residuos Recuperables “Salva Vidas”; porque se elaboró dentro de los parámetros ambientales y disposiciones legales, pertinentes para la implementación y operación eficaz del objetivo propuesto, dando así la posibilidad al hombre de interactuar con el universo en un cambio constante, sin detrimento del entorno natural.

## REFERENCIAS

*Ligue Pour la Propreté en Suisse (LPPS) (1991). Déchets et recyclage. (453 pág. Zurich.)* Manual impreso en excelente papel reciclado sin blanquear, que contiene valiosa información y opiniones. En la primera parte (pág. 5 a 144) se analizan las causas y problemas; en la segunda parte (145 a 284) los tratamientos existentes y en la tercera (285 a 432) los sistemas de recuperación y reciclaje para materia orgánica, papel, vidrio, metales, plásticos, pilas, fluorescentes, refrigeradores, aceites usado, papel fotográfico, neumáticos, tejido



## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

Sandra María Rozo Gelvez es química egresada de la Universidad Francisco de Paula Santander, con cinco años de experiencia en el campo de la planeación de planes de formación investigativa, líder del Semillero de Investigación de química aplicada SIQA e instructora transversal de química, gestora en el desarrollo de diversos proyectos de orden ambiental en el campo de la reutilización de recursos residuales para actividades industriales, actualmente se desempeña como líder del proyecto PINEAPEL, del grupo de investigación GINDET para la regional Norte de Santander.

Jesús Antonio Villamizar Loaiza es economista con énfasis en Desarrollo económico egresado de la Universidad de Pamplona con especialización en finanzas públicas y candidato a Magister en Economía y Desarrollo, con cinco años de experiencia en el campo de la investigación de fenómenos ambientales y el diseño de políticas públicas de conservación de recursos naturales, así como en la cuantificación económica tanto de impactos como beneficios naturales, aprendiz en la tecnología en Formulación de Proyectos, miembro del Semillero de Investigación en Marroquinería y Calzado SEINMARCAL, actualmente es funcionario del Centro de Documentación del Centro del Calzado para la regional Norte de Santander.

Gerson David Cordero Estévez es ingeniero civil egresado de Universidad Francisco de Paula Santander y técnico en construcción de edificaciones egresado del SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE, integrante del semillero de investigación SIBIO, perteneciente al grupo de investigación GINDET, con cinco años de experiencia en el campo de la investigación de fenómenos ambientales y reuso de materiales de la construcción como lo son la chamota, vidrio y concreto, actualmente hace parte de una firma de ingenieros civiles en la ciudad de Bogotá.

Jonathan Gabriel Silva Jurgensen es ingeniero industrial egresado de la Universidad Libre con especialización en investigación de mercados y candidato a Magister en Educación Virtual, con cerca de cinco años de experiencia en el campo de la gestión de proyectos, instructor líder de diversas formaciones tecnológicas, gestor del Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico y miembro del Semillero de Investigación en Marroquinería y Calzado SEINMARCAL, coautor de diversas iniciativas de índole empresarial con énfasis en la reutilización de residuos y aminoramiento de impactos ambientales, actualmente es líder del proceso de desarrollo curricular para los instructores del área de industria en la regional Norte de Santander. Teléfono de contacto: 317 575 62 45. Email de contacto: jgsilva02@misena.edu.co.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN: 2590-5481

# ESTIMACIÓN DE HUELLA HIDRICA EN EL PROCESO DE MAMPOSTERÍA DE UNA OBRA DEL VALLE DE ABURRA.

HYDRAULIC FOOTPRINT ESTIMATION IN THE MASONRY  
PROCESS OF A BORRA VALLEY CONSTRUCTION SITE.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **ESTIMACIÓN DE HUELLA HIDRICA EN EL PROCESO DE MAMPOSTERÍA DE UNA OBRA DEL VALLE DE ABURRA.**

## **HYDRAULIC FOOTPRINT ESTIMATION IN THE MASONRY PROCESS OF A BORRA VALLEY CONSTRUCTION SITE.**

Alexander Toro  
Heiler Yesid Perea Caicedo  
Luis Ariel Trejos Melchor  
Jennyfer Triana Mejia  
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA-CDHC.

### **RESUMEN**

La creciente demanda de agua que se requiere para producir bienes y servicios, los cuales son consumidos diariamente, ha provocado situaciones de estrés hídricos en numerosos lugares, esto debido a una limitada disponibilidad natural del recurso, por una demanda intensiva o por una mezcla de ambas. La huella hídrica es una destacada herramienta que ayuda a evaluar los riesgos asociados al uso del agua, esto impulsa a desarrollar estrategias que permitan mitigarlos. Interesados en diagnosticar la huella de agua asociada a un proceso constructivo el CDHC en conjunto con la empresa SOLITEC SAS, se realizó la huella de agua al proceso de mampostería en la obra AMATISTA ubicada en el municipio de Sabaneta Antioquia, identificando puntos críticos en usos de agua (consumo y contaminación). Para la evaluación de la huella hídrica asociada se tomó como base los lineamientos metodológicos establecidos en la norma ISO 14046:2014, que incluye el enfoque del ACV. Para este estudio se determinó la unidad funcional dada en masa (kg) de 1 m<sup>2</sup> de pared, presentes en bloque de ladrillo de 10 (BL) y/o bloque de concreto de 12 (BC) y extrapolada al área total construida en el periodo de estudio. Los principales insumos en la cadena de suministros como son: mezcla de mortero (cemento, arena y aditivo), bloque de ladrillo y bloque de concreto los cuales se definen como la regla de corte. Como conclusión se determina que la cadena de suministro aporta significativamente en la huella de hídrica, debido a que las materias primas son adquiridas de procesos mineros (explotación de materiales pétreos) que son perjudiciales para el ambiente.

**Palabras claves:** Huella Hídrica, ISO 14046, Índice de Escases de agua.

### **ABSTRACT**

The increasing demand for water required to produce goods and services, which are consumed daily, has led water stress in many places due to a limited natural availability of the resource, intensive demand or a mixture of both. The footprint is a prominent tool that helps to evaluate the risks associated with the use of hydric, this encourages the development of strategies to mitigate them. Interested in diagnosing the hydric footprint

associated with a construction process, the Center for the development of habitat and construction among with SOLITEC SAS construction Company has a Project focus in identify the hydric footprint, orientated in the masonry process in the AMATISTA construction project located in the municipality of Sabaneta Antioquia, identifying critical points in uses of water (consumption and pollution). For the evaluation of the associated hydric footprint, the methodological guidelines established in ISO 14046: 2014, which includes the LCA approach, were taken as a basis. For this study, the functional unit given in mass (kg) of 1 m<sup>2</sup> of wall, present in a brick block of 10 (BL) and / or concrete block of 12 (BC) and extrapolated to the total area constructed in the period study. The main inputs in the supply chain are: mixture of mortar (cement, sand and additive), brick block and concrete block which are defined as the cutting rule. In CONCLUSIÓN, it is determined that the supply chain contributes significantly in the hydric footprint, because the raw materials are acquired from mining processes (exploitation of stony materials) that are harmful to the environment.

**KEYWORDS** Water fingerprint, ISO 14046, Masonry, Mixture of Mortar., WSI

## **INTRODUCCIÓN**

La creciente demanda de agua que se requiere para producir los bienes y servicios que consumimos diariamente ha provocado situaciones de estrés hídrico (Global Compact, 2014) en numerosos lugares, ya sea por una limitada disponibilidad natural del recurso, por una demanda intensiva o por una mezcla de ambas. La huella hídrica (HH) es una de las herramientas que ayuda a evaluar los riesgos asociados al uso del agua y, a partir de estos, desarrollar estrategias que permitan mitigarlos (Global Compact, 2014). Los principios, requisitos y directrices para realizar una evaluación de HH se presentan en la norma ISO 14046:2014.

El Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción en conjunto con la empresa SOLITEC SAS, interesados en determinar la huella de agua asociada al proceso de mampostería. Realizo un estudio en la obra AMATISTA LIFE STYLE ubicada en el municipio de Sabaneta Antioquia. (Solitec, 2017), identificando los puntos críticos en usos de agua (consumo y contaminación) y así poder implementar acciones de reducción de huella hídrica.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

Antecedentes de investigación: En el sector de la construcción hasta el momento no se han desarrollado investigaciones donde se cuantifiquen de manera directa la cantidad de agua que se utilizan en diferentes fases de un proceso de construcción. Las investigaciones que se han realizado a nivel global en la construcción relacionadas con variables ambientales se dirigen a la medición de la huella ambiental y la medición de la huella ecológica, tal como lo muestran las investigaciones de (neppach, 2016) y (Gonzales 2014). Las investigaciones de cuantificación de huella hídrica se realizan de manera general a nivel de cuenca hídrica para el sector agrícola y urbano. A nivel agrícola se cuantifica la

cantidad de agua usada en la huella hídrica azul, verde y gris, y a nivel urbano se centraliza en la cantidad de agua utilizada para la huella hídrica azul gris.

Estudios publicados relacionados con la huella hídrica: En América Latina (AL) la cuantificación de la huella hídrica a través de la metodología impulsada por la red de la Huella Hídrica (WFN, por sus siglas en inglés) como la huella de agua desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) es una práctica relativamente reciente. Los primeros estudios que se obtuvieron registros enfocados a productos o poblaciones de AL comenzaron en el año 2011. La siguiente tabla ilustra un panorama acerca de los temas en los que se ha centrado la atención durante la evaluación de la huella hídrica y huella de agua en AL, en ella se ilustra el tipo de metodología adoptada y los productos o servicios evaluados, su alcance geográfico (Cuenca, estado o país) si correspondieron a la operación de un complejo productivo o si estuvieron enfocados en un producto o servicio. Los estudios que no se reflejen en la tabla son de carácter privado, confidencial o no han sido publicados.

**Tabla 3.** Describe el sistema analizado por país de la región de (AL), metodología adoptada y su alcance geográfico.

PAIS	Sistema analizado y producto	Metodología adoptada	Alcance geográfico
Argentina	Sistema agrícola y pecuario. Productos: Leche, uva para vino.	WFN (ISO 14046)	Provincia de San Luis.
Bolivia	Sistema de producción Agua potable, bebidas gaseosas, isotónicas, energizantes. (Para la evaluación se analizaron los sectores residenciales, comercial, industrial, público, servicios municipales y actividades de gobierno (Administrativas, de servicios y operativas).	WFN	Ciudades La Paz, Quito, Lima, Santa Cruz de la Sierra, Guayaquil, Fortaleza, Loja, Santa Cruz de Galápagos, Recife, Cali y Tarija
Brasil	Servicios: (Electricidad de hidroeléctrica, exportación de té, consumo de alimentos por una persona). En los productos: Cosméticos, incluyendo champú, jabón y humectantes, soya, fertilizante, leche, arroz, ganado bovino, biocombustibles, fertilizante nitrogenado, bovinos, caña de azúcar. Producto: Etanol hidratado	WFN  ACV-ISO-14040-14044-14046.	Siete cuencas hidrográficas tomando en cuenta los sectores: pecuario, agrícola, reforestamiento, abastecimiento y saneamiento.

PAIS	Sistema analizado y producto	Metodología adoptada	Alcance geográfico
Chile	Sistema agropecuario, minería, doméstico y energía. Producto: Mineral de óxido de cobre y mineral de sulfuro de cobre Plantas o complejos productivos: planta de emulsiones, planta multipropósito de productos químicos, planta de preparaciones pigmentarias y planta de fabricación de masterbatch.	WFN  ISO 14046	Cuenca del Río Rapel.  Cuenca del Río Rapel.
Costa Rica	Sistema analizado: Agrícola. Producto: Arroz Producto: Bebidas y café Complejo productivo: planta empacadora de banano.	WFN  ISO 14046	
Ecuador	Productos: Banana, rosas. Sistema analizado: Agrícola y floricultivo.	WFN	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La huella hídrica azul en Colombia se ha analiza desde diferentes sectores, los sectores analizados son; El sector agrícola, el sector doméstico, industrial, generación de energía, (hidroeléctrica y termoeléctrica) y minero (extracción de petróleo) más el sector agropecuario. Las metodologías utilizadas en cada una de ellas son:

**Tabla 4.** Ilustra los sectores analizado en Colombia bajo metodología de huella hídrica.

SECTOR	METODOLOGÍA MEDICIÓN DE HUELLA HÍDRICA	REFERENCIA
DOMESTICO	El volumen calculado de la demanda del sector doméstico se basa en la asignación de la dotación de agua para consumo humano de la Reglamentación Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS 2000-(Resolución 2320 de 2009 MAVDT) que clasifica los municipios de acuerdo al nivel de complejidad de los sistemas	IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015. 496 páginas
INDUSTRIAL	Se utiliza el Registro Único Ambiental – RUA- como fuente base de información para el cálculo de la demanda en el sector industrial, teniendo en cuenta que esta registra el uso de agua en las industrias grandes, medianas y pequeñas. En la construcción el cálculo de volumen se limita a los registros de la Superintendencia	ENA 2010 (DANE y SSPD), información de las autoridades ambientales registrada en bases de datos para cobro de la Tasa por Uso de Agua (TUA).

SECTOR	METODOLOGÍA MEDICIÓN DE HUELLA HÍDRICA	REFERENCIA
	de Servicios Públicos, del Sistema Único de Información y Servicios Públicos –SUI que se dan para las solicitudes de los procesos constructivos.	
MINERO	La metodología de cálculo se basa en el resultado de la investigación realizada por el IDEAM, con el cual se construyó un soporte conceptual y metodológico para establecer volúmenes de uso en las fases y procesos de esta actividad obtenida de los registros de las empresas y opinión de expertos.	IDEAM (IDEAM, 2012)
HIDROCARBURO	El volumen de agua usado para el proceso de hidrocarburos se calcula como la sumatoria del agua utilizada en los procesos productivos, y el uso doméstico. Para ello, Se identifican las actividades relacionadas con la producción de hidrocarburos en las fases de exploración, producción, transporte y refinación ajustadas con el sector.	IDEAM (2012).
ELÉCTRICO	La extracción de energía se calcula como la cantidad de agua que se retira de cualquier fuente, sea en forma permanente o temporal, en un periodo de tiempo. Hidroenergía el agua embalsada estimada como el promedio anual del volumen útil diario reportado por los agentes operadores a la UPME. A esta demanda de agua se le agrega el volumen de agua usado por las termoeléctricas y el evaporado del embalse	(UN, SCAE, 2013)
SERVICIOS	El cálculo del volumen de demanda de agua del sector servicios a nivel nacional se realiza con los registros municipales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios clasificados como suscriptores comerciales, oficiales, especiales, temporales y multiusuario mixto; esta información no desagrega los diferentes servicios que integran el sector.	(FAO, 2006).
AGRÍCOLA	El requerimiento hídrico de los cultivos se determina a partir del cálculo de la evapotranspiración de los cultivos y del balance de agua en el suelo, definiendo mes a mes, el agua que el suelo retiene proveniente de la lluvia o del riego y que el cultivo puede extraer en su zona radicular.	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## METODOLOGÍA

La evaluación de huella hídrica se realizó tomando como base los lineamientos metodológicos establecidos en la norma ISO 14046:2014, que incluye el enfoque del ACV, es decir, se incorporó las etapas de objetivos y alcance, análisis de inventario y evaluación de impactos.

**FIGURA 9.** Esquema de las etapas para el cálculo de huella hídrica



Fuente: adaptado de ISO 14046, 2014

Asimismo, en cada una de estas etapas se tuvo en cuenta el avance e interpretación de los resultados de acuerdo a los objetivos establecidos. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra un esquema del procedimiento general para realizar una evaluación de huella hídrica.

### Definición del objetivo

Evaluar la huella de agua del proceso de preparación de mezcla de mortero para mampostería de la obra AMATISTA LIFE STYLE de la empresa SOLITEC Constructora en el área total de construcción, identificando los puntos críticos en usos de agua (consumo y contaminación) y poder implementar acciones de reducción de huella hídrica.

### Alcance temporal y geográfico

El período temporal para el estudio es de 12 meses y comprende de septiembre 2016 a septiembre de 2017, incluye la preparación de mezcla de mortero para mampostería (Pared) de la obra AMATISTA LIFE STYLE, ubicada en el municipio de Sabaneta Antioquia. Coordenadas: N 06° 08' 53.1" WO 75° 36' 53.9" (Solitec, 2017).

### Unidad funcional

La unidad funcional para el presente estudio es mezcla de mortero para mampostería definido como la masa (kg) de 1 m<sup>2</sup> de pared, presentado en bloque de 10 (Ladrillo) y/o Bloque de 12 (Concreto) y escalada al total de construcción de la obra en el periodo del estudio



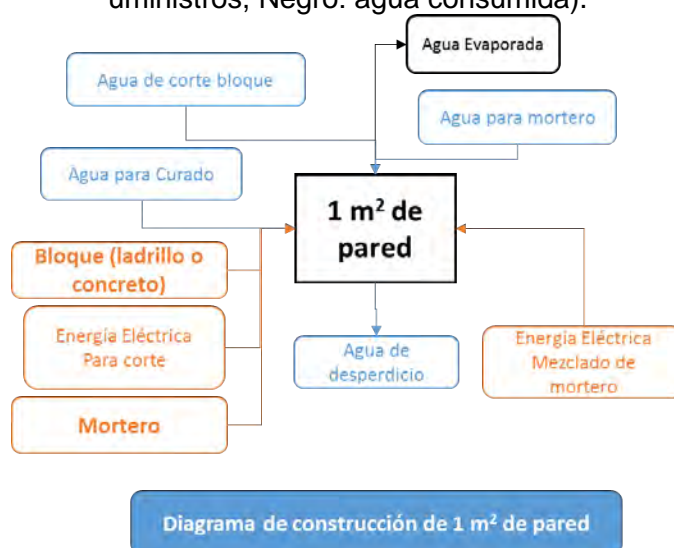
## Límites del sistema

El presente estudio involucra la fase de la Cuna a la puerta en la construcción del área total de pared en la obra, considerando los insumos de la cadena de suministros más relevantes.

Se han considerado la preparación de mezcla de mortero para mampostería de los diferentes tipos de Pared usados en la obra, en bloque de 10 (Ladrillo) y/o Bloque de 12 (Concreto). Las áreas administrativas, áreas de campamentos, áreas verdes y el tratamiento de las descargas no se consideraron en el presente estudio.

Como procesos, se incorporan todas las fases de la construcción del 1 m<sup>2</sup> de pared, corte de Bloque, Curado de Bloque y Preparación del Mortero (Figura 3). El enfoque ACV usado fue “desde la cuna a la puerta”, que incluye las etapas de elaboración de las materias primas, insumos y energías (electricidad, combustibles y transporte) usados en la fabricación de los productos y la operación directa, hasta el producto terminado en la “puerta de la obra”. No se ha considerado la producción de residuos como parte del sistema estudiado. A continuación, se muestra en la siguiente figura la descripción sintetizada del sistema de producción analizado.

**FIGURA 10.** Diagrama de procesos (Azul: agua directa, Rojo: Agua indirecta como suministros, Negro: agua consumida).



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## Reglas de asignación

Para el presente estudio de la empresa SOLITEC S.A. se tomará como única actividad la preparación de mezcla de mortero para mampostería y construcción de pared, por ello no se han considerado reglas la asignación en los cálculos directos.

Sin embargo, la información secundaria usada, que se utiliza de la base de *SimaPro 8.3.0.0 - Faculty - Ecoinvent 3 allocation, default –unit*.

### **Criterios de corte para la inclusión inicial de entradas y salidas**

Para el análisis de la cadena de suministros, se aplicó una regla de corte bajo el criterio de 1% de Masa, es decir, son los insumos de la preparación de mezcla de mortero y construcción de pared que superen el 1% del total de masa como insumo que ingresa.

Para la aplicación de esta regla se consideró el 100% de insumos consumibles adquiridos durante el período de estudio. Luego de aplicada la regla de corte se ha concluido que los principales insumos en la cadena de suministros son los siguientes: Mezcla de mortero (Cemento, Arena y Aditivo), Bloque de Ladrillo, Bloque de Concreto. (Ver tabla 3 y 4)

### **Análisis del inventario de la huella hídrica**

#### **Procedimientos de recopilación de datos**

Se cuantificaron todas las entradas y salidas relevantes del sistema para el análisis de la huella hídrica. Con el propósito de considerar en el análisis la variación estacional y/o mensual en la producción y por lo tanto en los requerimientos de agua, toda la información levantada de usos de agua, cadena de suministros, electricidad y combustibles fue obtenida en base al consumo total durante el año de evaluación. Tomando como única fuente de agua superficial, la cuenca aledaña a la obra

La información recolectada son datos entregados por personal de la empresa vía planillas, fichas de recolección de información, e-mails, conversaciones telefónicas o entrevistas personales.

*Datos primarios.* En la información solicitada se consideraron ítems tales como, calidad y cantidad de entradas y salidas de agua, entradas de insumos en la cadena de suministros, electricidad y combustibles utilizados en el transporte de insumos.

*Datos secundarios.* Las características de los insumos y sus procesos asociados son datos obtenidos de la literatura especializada, se utilizó como referencia la base de datos de *SimaPro 8.3.0.0 - Faculty* que está desarrollada a partir de la base de datos para análisis de ciclo de vida de *Ecoinvent 3 allocation, default –unit*. Para tomar valores definitivos se consideró los recursos usados en la producción de cada m<sup>2</sup> de pared, esta información fue suministrada por la empresa, la cual a su vez, hace referencia en la dosificación estándar que se establecen en el ANÁLISIS UNITARIO (Camacol, 2017) (Ver tablas 1 a 2.). Se define por parte de la empresa un desperdicio del 5% producto de su sistema de Gestión (Solitec, 2017).

## **RESULTADOS**

Inventario: Luego de aplicada la regla de corte se define que los principales insumos en la cadena de suministros son los siguientes: Mezcla de mortero (cemento, arena y aditivo), bloque de ladrillo, bloque de concreto.

**Tabla 5.** Levantamiento de información de mortero

Planilla #1. Consumo de agua directo e indirecto			
Item1. Uso directo e indirecto del agua: Dosificación por peso para 1m <sup>3</sup> de mortero			
Consumo de agua	Unidad de medida	Tipo de mortero	
310	L	Mortero larga vida para pega de 175 Kg/cm <sup>2</sup>	
Item2. Uso indirecto: Cadena de suministro: Dosificación por peso para 1m <sup>3</sup> de mortero			
Suministro	Cantidad	Unidad	Criterio de asignación (%)
Cemento	535	kg	28%
Arena	1343	Kg	71%
Eucon LV (Retardador)-Aditivo	3,21	Kg/m <sup>3</sup>	0,2%
<b>Total</b>	1881,21		100%
Item 2.1. Uso indirecto: electricidad y combustible			
Electricidad			
Proceso	Maquinaria	Cantidad	Unidad
Corte de ladrillo	Cortadora	1,30	kWh
Corte de bloque de concreto		15,21	kWh
Combustible			
Material	Tipo de transporte	Distancia recorrida (km)	Combustible
Ladrillo	Camión doble troque 17 ton EURO 3	19,5	ACPM
Bloques de concreto		25,45	
Arena		4,20	
Cemento		4,20	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Una vez analizada y depurada la información se procede a consolidar en un solo inventario teniendo en cuenta la unidad funcional, se plasma en las tablas 4 y 5.

**Tabla 6.** Consolidado de la unidad funcional en el proyecto AMATISTA LIFE STYLE.

<b>CANTIDAD DE PARED CONSTRUIDA EN BLOQUE DE CONCRETO</b>		
Unidad funcional en BC	<b>180,05</b>	<b>Kg</b>
Área del proyecto Amatista	8.430,26	m2
Masa del total de área construida en pared en BC	1.517.852	kg
<b>CANTIDAD DE PARED CONSTRUIDA EN BLOQUE DE LADRILLO</b>		
Unidad funcional en BL	<b>108,81</b>	<b>kg</b>
Área del proyecto Amatista	12.251,71	m2
Masa del total de área construida en pared en ladrillo	1.333.109	kg

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla 7.** Resultados del inventario

	Uso directo					Uso directo			
	Entradas	Unidad	Cantidad por unidad funcional	Cantidad total		Entradas	Unidad	Cantidad por unidad funcional	Cantidad total
Muro en BC	Agua superficial mezcla mortero	m <sup>3</sup>	0,0050	43,90	Muro en BL	Agua superficial mezcla mortero	m <sup>3</sup>	0,0062	79,76
	Agua superficial corte	m <sup>3</sup>	0,5184	4.462,51		Agua superficial corte	m <sup>3</sup>	0,0755	971,43
	Agua superficial Curado	m <sup>3</sup>	0,0060	53,11		Agua superficial Curado	m <sup>3</sup>	0,0060	77,19
	<b>Salidas</b>					<b>Salidas</b>			
	Agua consumida (evaporada) Mezcla	m <sup>3</sup>	0,0050	43,90		Agua consumida (evaporada) Mezcla	m <sup>3</sup>	0,0062	79,76
	Agua consumida (evaporada) Curado	m <sup>3</sup>	0,0060	53,11		Agua consumida (evaporada) Curado	m <sup>3</sup>	0,0060	77,19
	Agua retorno Corte (retorna a la cuenca)	m <sup>3</sup>	0,5184	4.462,51		Agua retorno Corte (retorna a la cuenca)	m <sup>3</sup>	0,0755	971,43
	<b>Uso Indirecto cadena de suministros</b>					<b>Uso Indirecto cadena de suministros</b>			
	<b>Mortero</b>					<b>Mortero</b>			
	Cemento	Kg	8,56	75.771,20		Cemento	Kg	10,7	137.648
	Arena	Kg	21,488	190.206,95		Arena	Kg	26,86	345.535
	Bloque	Unidad	12,5	110.647,19		Ladrillo	Unidad	12,50	160.804
	<b>Electricidad y combustibles bloque</b>					<b>Electricidad y combustibles bloque</b>			
	Electricidad corte	kWh	15,2	128.193,94		Electricidad corte	kW-h	1,30	15.978,2
	<b>Transporte muro de ladrillo</b>					<b>Transporte muro de ladrillo</b>			
Transporte camión (cemento)	tkm	0,03595	2.724,1	Transporte camión (cemento)	tkm	0,045	6.185,9		
Transporte camión (arena)	tkm	0,09025	17.166,1	Transporte camión (arena)	tkm	0,113	38.980,5		
Transporte camión (bloque)	tkm	3,818	422.396	Transporte camión (ladrillo)	tkm	1,39	223.416,7		

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla 8.** Resultados Punto Medio para Bloque de Ladrillo y Bloque de Cemento (BC)

RESUMEN HUELLA DE AGUA PUNTO MEDIO			
Método	WSI		
Boulay et al 2011 (Water Scarcity) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto medio- BC</b>		
	Huella de agua	2173.6	m <sup>3</sup>
	<b>Perfil de huella de agua - Punto medio – BL</b>		
Pfister et al 2009 (Water Scarcity) V1.02	Huella de agua	944.66	m <sup>3</sup>
	<b>Perfil de huella de agua - Punto medio- BC</b>		
	Huella de agua	1896.5	m <sup>3</sup>
Pfister et al 2009 (Water Scarcity) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto medio – BL</b>		
	Huella de agua	829.65	m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla 9.** Resultados Punto Final para Bloque de Ladrillo (BL) y Bloque de Cemento (BC)

<b>RESUMEN HUELLA DE AGUA PUNTO FINAL</b>			
Método			
Boulay et al 2011 (Human Health) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto final- BC</b>		
	HH, distribution	0.323	DALY
	HH, marginal	0.086	DALY
Boulay et al 2011 (Human Health) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto final- BL</b>		
	HH, distribution	0.142	DALY
	HH, marginal	0.038	DALY
Pfister et al 2010 (ReCiPe) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto final- BC</b>		
	<b>Human Health</b>	0.002	DALY
	<b>Ecosystem Quality</b>	0.00003	species*year
	<b>Resources</b>	579.929	\$ surplus
Pfister et al 2010 (ReCiPe) V1.02	<b>Perfil de huella de agua - Punto final- BL</b>		
	<b>Human Health</b>	0.001	DALY
	<b>Ecosystem Quality</b>	0.000013	species*year
	<b>Resources</b>	255.593	\$ surplus

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## CONCLUSIÓN

1. La cadena de suministros aporta significativamente en la huella de hídrica del proceso de mampostería, debido a que los materiales de construcción tienen niveles de complejidad significativos en sus procesos de elaboración a nivel industrial, además para su fabricación las materias primas son adquiridas de procesos mineros (explotación de materiales pétreos) que son agresivos con el medio ambiente.
2. Los datos obtenidos con el software simapro 8.3.0.0 evidencio que el bloque de cemento (BC) presenta mayores valores en la Huella tanto para el Punto Medio como para el Punto Final, en comparación con los resultados obtenido para el bloque de ladrillo. Esto se atribuye a que los muros construidos con BC requieren procesos que demandan mayor cantidad desde sus suministros.

## REFERENCIAS

- Boulay A.M., B. J. (2016). *The WULCA consensus characterization model for 108 water scarcity footprints: Assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)*. Submitted.
- Boulay, A. B. (2011). Regional Characterization of Freshwater Use in LCA: Modeling Direct Impacts on Human Health. *Environmental Science & Technology* 45, 8948-8957.
- Camacol. (2017). Análisis unitario. Sistemas de análisis unitario : edificaciones. En Camacol. Medellín: Camacol.
- Centro de Análisis y de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS), E. d. (2015). Huella de Agua ISO (14046) En America Latina, análisis y recomendaciones para una coherencia regional. Obtenido de

file:///C:/Users/usuario/Downloads/HuellaAguaISO14046AmericaLatina%20(15).pdf

- Hoekstra, A. C. (2011). La huella de agua Manual de Evaluación: Establecer el Estándar Global. Earthscan, Londres. Londres : Earthscan,.
- Neppach. (2016 ). La huella ecológica de la construcción de viviendas en España. En I. I.- B.-S. Technische Universität Darmstadt, *Indicadores ecológicos* (págs. 75-84). Sevilla (España).
- Hoekstra, A. C. (2011). *La huella de agua Manual de Evaluación: Establecer el Estándar Global. Earthscan, Londres.* Londres : Earthscan,.
- Mackay, R. &. (2010). *Equilibrio hídrico de la ciudad: un modelo de alcance para la gestión integral del agua urbana* . Birmingham (Reino Unido) : Springer Países Bajos.
- Mitchell, V. (2001). *Modelado ambiental y software* . Monash : Elsevier Science Ltd.
- vallejo, G. (2016). La huella ecológica de la construcción de viviendas en España. En 2. E. Ltd, *Indicadores ecológicos* (págs. 75-84 ).
- Mamade et al., 2014. Predicción espacial y temporal del consumo de agua a nivel DMA mediante mediciones extensivas, 2ª Conferencia Internacional de Informática y Control para la Industria del Agua, CCWI2013 (2014)
- WFN (Red de Huella de Agua 2008). Para resolver las crisis del agua en el mundo.
- Iso 14040 (2007). Segunda edición. Norma Técnica Colombiana (NTC), análisis de ciclo de vida.
- IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C., 2015. 496 páginas.
- ENA 2010 (DANE y SSPD), información de las autoridades ambientales registrada en bases de datos para cobro de la Tasa por Uso de Agua (TUA).
- IDEAM (IDEAM, 2012). Proyecciones sectoriales de demanda de agua 2012 a 2022.
- (UN, SCAE, 2013). Sistema de contabilidad. Ambiental y Económica para el agua.
- Naciones unidas, Nueva York, 2013. Departamento de asuntos económicos y sociales.
- FAO (2006). El estado mundial de la pesca y acuicultura.
- Global Compact. (2014). "The CEO Water Mandate, Driving Harmonization of Water Stress, Scarcity, and Risk Terminology". *Global Compact, Discussion Paper*.
- Instituto del Pacifico. (26 de 9 de 2017). *The World's Water*. Obtenido de <http://www2.worldwater.org/index.html>
- ISO 14046. (2014). *Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines*.

Pfister, S. K. (2009). Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. *Environmental Science and Technology*, 43(11), 4098–4104; DOI: 10.1021/es802423e (download: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es802423e>).

Pfister, S. S. (2011). The environmental relevance of freshwater consumption in global power production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16, 580-591.

Solitec. (06 de 2017). *Solitec Constructora*. Obtenido de <http://www.solitec.com.co/>

WULCA. (26 de Septiembre de 2017). *wulca-waterlca.org*. Obtenido de <http://www.wulca-waterlca.org/index.html>

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Alex Toro: Microbiólogo y Tecnólogo Químico de la Universidad de Antioquia, especialista en Gestión de Laboratorio del SENA, desde el 2013 es instructor del SENA.

Heiler Perea: Especialista en gerencia de proyectos de la Universidad Pontificia Bolivariana, ingeniero ambiental de la Universidad Tecnológica del Chocó. Asesor en estudios y de gestión ambiental con experiencia laboral en Actividades de gestión ambiental (Implementación de requisitos de sistemas de gestión ambiental ISO 14001, plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos sector textil, plan de manejo integral de residuos sólidos y peligrosos, diligenciamiento del RUA para el sector textil y elaboración de estudios ambientales en proyectos hidroeléctricos. Aporto en el estudio en el estudio en el análisis del riesgo y elaboración del informe correspondiente al PGRMV. Cuatro años de experiencia

Luis Ariel Trejos: Especialista en Gestión Ambiental Universidad de Antioquia, ingeniero sanitario de la Universidad de Antioquia. Técnico profesional en manejo de agua potable y saneamiento básico. Centro de los Recursos Renovables la Salada (SENA), Caldas Antioquia. Actualmente es Instructor en el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción SENA. Experiencia laboral como Instructor en el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción SENA (Actualmente). Docente de cátedra de la Universidad de Antioquia.

Jennyfer Triana Mejía: Tecnóloga en manejo de gestión ambiental SENA-2013, actualmente estudiante de ingeniería ambiental del Colegio Mayor de Antioquia. Experiencia laboral: Argos-Planta Nare Asistente del área ambiental; Octubre 2 de 2013- Abril 01 de 2014. Aguas Regionales Auxiliar operativo en el área ambiental; Noviembre 22 de 2014- Septiembre 20 de 2016.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE EN EL CENTRO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA LOPE POR MEDIO DE LA CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS UTILIZANDO ESTACIONES METEOROLÓGICAS

STUDY OF THE RENEWABLE ENERGY POTENTIAL IN THE INTERNATIONAL  
CENTER OF CLEAN PRODUCTION LOPE BY MEANS OF THE CHARACTERIZATION  
OF CLIMATIC PARAMETERS USING METEOROLOGICAL STATIONS



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE





# **ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE EN EL CENTRO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA LOPE POR MEDIO DE LA CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS UTILIZANDO ESTACIONES METEOROLÓGICAS**

## **STUDY OF THE RENEWABLE ENERGY POTENTIAL IN THE INTERNATIONAL CENTER OF CLEAN PRODUCTION LOPE BY MEANS OF THE CHARACTERIZATION OF CLIMATIC PARAMETERS USING METEOROLOGICAL STATIONS**

David Martínez  
Gustavo Gallego  
Sergio Armando Cano Rodriguez  
Darío Javier Vallejos Benavides

### **RESUMEN**

El presente documento refleja de manera sintetizada el proceso de desarrollo y ejecución del proyecto denominado “Caracterización del potencial energético renovable dentro de las instalaciones del Centro Internacional de producción Limpia Lope de la ciudad de Pasto a través de la instalación de un sistema de captación energía híbrido eólico y solar fotovoltaico”, el cual contiene de manera contextualizada una descripción sobre el potencial energético renovable que el centro de formación posee; además, se determina el impacto del tema en el proceso formativo de los aprendices del tecnólogo en Automatización industrial, el reconocimiento tecnológico para captura de datos a través de estaciones meteorológicas, y su utilidad como herramienta de recolección de parámetros climáticos en diferentes zonas geográficas. Posteriormente se relaciona la utilidad de la información recolectada como apoyo en la determinación del potencial climático detectado en una zona específica, apoyando de esta manera la estrategia de selección e instalación de un sistema alternativo de generación de energía eléctrica. Finalmente se hace una descripción del proyecto de energización implementado en la PTAP del Centro Internacional de Producción Limpia Lope (CIPLL) en la ciudad de Pasto (SENA Regional Nariño).

**Palabras clave:** Energías renovables, Eólico, Estación Meteorológica, Fovovoltaico, Potencial Climático.

### **ABSTRACT**

This document demonstrates in a summarized way the process of development and execution of the project entitled "Characterization of renewable energy potential within the facilities of the International Center for Clean Production Lope in the city of Pasto through the installation of a hybrid energy capture system Wind and solar photovoltaic "which contains in a contextualized way a description of the renewable energy potential that the

training center possesses; In addition, the impact of the subject in the training process of the technologist students in Industrial automation, the technological recognition for data capture through meteorological stations and its usefulness as a tool for collecting climatic parameters in different geographic areas is determined.

Subsequently, the usefulness of the information collected as support in the determination of the climatic potential detected in a specific area is related, thus supporting the selection and installation strategy of an alternative system of electric power generation. Finally, a description is given of the energization project implemented in the PTAP of the International Center for Clean Production Lope (CIPLL) in Pasto city (SENA Regional Nariño).

**Keywords:** Renewable Energy, Wind Power, Weather Station, Photovoltaic, Climate Potential.

## INTRODUCCIÓN

La presente situación energética que viene atravesando nuestro país, es uno de los factores más significativos para la búsqueda de alternativas en cuanto a producción de energía eléctrica se refiere. La realización de un estudio característico del potencial energético en nuestra región nos permitirá aprovechar los recursos renovables de una mejor manera, en la búsqueda de satisfacer necesidades energéticas. El presente proyecto busca analizar el potencial energético que posee el Centro Internacional de Producción Limpia LOPE, además de incentivar su aprovechamiento y posterior producción por medio de este tipo de fuentes energéticas, reduciendo así la contaminación de nuestro medio ambiente producidos por los métodos tradicionales de producción de energía contaminante.

El área geográfica en la cual se encuentra situado nuestro Centro CIPPL se sitúa en el suroccidente colombiano, específicamente en la ciudad de Pasto, la cual posee características climáticas diversas, debido a la irradiación solar que posee y a la cantidad de viento que se genera en nuestra región, lo cual nos permitirá el aprovechamiento de los recursos eólicos y solares.

La utilización de estos recursos en el diseño de un sistema híbrido optimizará el aprovechamiento del viento y el sol, complementándose entre sí. Los días nublados, no permiten el aprovechamiento adecuado de la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. En cambio, los días soleados con poco viento, son adecuados para las placas fotovoltaicas.

La aplicación de estas tecnologías busca dar una solución por medio de alternativas menos contaminantes y rentables a largo plazo. Esto permitirá no depender totalmente de las centrales hidroeléctricas que proveen energía al municipio. Esperando por medio de la investigación cumplir los objetivos propuestos, también despertar el interés de la comunidad institucional del SENA respecto a esta área del conocimiento.

Este trabajo está encaminado al diseño y selección de equipos para un sistema híbrido aprovechando los recursos eólicos y solares de la zona, el mismo que servirá de apoyo para trabajos de investigación futuros.

## **Actualidad**

El Centro Internacional de Producción Limpia, debe caracterizarse por fomentar el aprovechamiento y uso de energías renovables como la energía Eólica y la energía Solar, ya que la visión y misión del mismo es avanzar en el diseño, gestión y ejecución permanente de proyectos estratégicos para vigorizar su tecnología medular de producción limpia; y con ello, avanzar en el desarrollo del Plan de Gestión Ambiental de la institución, generando así, impactos ambientales positivos a la comunidad y el medio ambiente; por lo tanto, existe la necesidad de generar proyectos enfocados a esta temática.

Hasta el momento no se tienen conocimientos precisos sobre las características y el potencial energético renovable que poseen las instalaciones del SENA regional Pasto; esto debido a que no se han desarrollado investigaciones relacionadas con el tema, lo cual ha generado un rezago institucional con respecto al tema de energías renovables, no siendo la única institución que se encuentra en esta situación; demostrando que existe una brecha importante dentro del SENA al momento de plantear proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, esto debido a que se cree que el SENA es un institución de formación de operarios, creencia la cual desde el ámbito de la investigación es errada teniendo en cuenta el potencial tecnológico y humano que la institución posee, dicha creencia ha hecho que no se hayan formulado investigaciones en estas áreas, generando una brecha importante entre el SENA y la formulación de proyectos de investigación. Además, en el departamento de Nariño existen marcadas deficiencias en el suministro de energía en las zonas aisladas y no interconectadas que representan un porcentaje elevado de las regiones alejadas del centro del departamento, Entre las principales causas de los problemas energéticos en las regiones no interconectadas, se encuentra la falta de información técnica sobre las condiciones del sistema de distribución, la deficiente estimación de la demanda, la falencia en posibles soluciones alternativas a la conexión al sistema central, el costo elevado y la difícil sostenibilidad (Pantoja, Fajardo, & Guerrero, 2014).

Con el objetivo de Caracterizar el potencial energético renovable dentro de las instalaciones del sector agroindustria del SENA de la ciudad de Pasto a través de la implementación de un sistema de captación y medición del potencial energético híbrido (eólico y solar fotovoltaico), se busca demostrar que por medio de éste tipo de proyectos se lograría disminuir los impactos ambientales generados a través del consumo de energías comunes, dado que los sistema propuestos estarían enfocados en dos direcciones: la primera, implica la sustitución de equipos que transforman energía de manera limpia, con la menor tasa de impactos ambientales, por los equipos actuales que se generan emisiones contaminantes al medio ambiente, y la segunda, la generación de conciencia hacia el uso racional de la energía, lo que permite optimizarla y crear una cultura ambiental hacia el uso adecuado de la energía, entre tanto se Fortalezca el conocimiento y las practicas relacionadas con las energías renovables para que tanto aprendices como instructores puedan identificar sus aplicaciones y beneficios.

Además, por medio de éste, se desea contribuir con la investigación en el aprovechamiento de energías alternativas eólica y solar en la ciudad de Pasto con la creación de un centro de experimentación en las instalaciones del SENA, Incentivando el desarrollo de investigaciones aplicadas a los sistemas de captación de energía eólica y solar para mejorar la eficiencia energética del SENA y fomentando el uso y aplicación de las energías renovables tanto en aprendices como también en instructores con el fin de

minimizar la brecha de conocimiento generadas por la falta de aplicación de este tipo de tecnologías.

### **El CIPLL y las energías renovables**

Desde la educación y la investigación, Nariño posee instituciones públicas y privadas, las cuales han venido trabajando en el tema de las energías Renovables; aquí cabe destacar al Centro Internacional de Producción limpia Lope de la ciudad de Pasto, entidad que desde el año 2015 arrancó a trabajar mancomunadamente en integrar el tema de energías renovables en sus procesos de investigación y su grupo de investigación Lope investigaciones con el proyecto denominado “*Caracterización del potencial energético renovable dentro de las instalaciones del centro Internacional de Producción Limpia Lope a través de la implementación de un sistema de captación de energía híbrido eólico y solar fotovoltaico*”, éste proyecto fue la excusa perfecta para que desde el centro Lope se fortalezcan las iniciativas que permitan integrar estas tecnologías en el sector productivo de nuestra región.

Actualmente, y gracias al esfuerzo que se vienen direccionando desde Dirección General a través de SENNOVA y tiene el propósito de fortalecer los estándares de calidad y pertinencia, en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, de la formación profesional impartida en la Entidad (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2013). Desde SENNOVA se fomenta la inversión en investigación y desarrollo en temas que beneficien de manera activa a la comunidad de aprendices y al sector productivo en general, generando amplio conocimiento y experiencia en diferentes temas, no solo al interior de la entidad sino también en el sector productivo y educativo; motivando a otros instructores a adelantar proyectos que se encuentran en distintas fases de desarrollo.

**FIGURA 1.** Equipos para caracterización del potencial energético eólico y solar fotovoltaico del CIPLL de la ciudad de Pasto para el estudio y experimentación.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## METODOLOGÍA

La metodología de trabajo está basada en la metodología de diseño y desarrollo de productos en contexto con la aplicación de la Estrategia PLM para el monitoreo, control, seguimiento y evaluación de las diferentes fases que hacen parte del desarrollo del proyecto. Las fases inician con la concepción: definición de variables de la caracterización a estudiar para la eficiencia energética del punto de instalación de captura energética en la planta de tratamiento de agua del centro Lope, identificando las problemáticas más relevantes que se presentan en este sector. La segunda actividad es el diseño detallado de la ubicación de los paneles, el aerogenerador, las baterías; para ello, se deberá desarrollar los bocetos y planos detallados de estructura del sistema a instalarse, planos de sistemas fotovoltaico y eólico. En seguida, vendrá la fase de ensambles e Implementación, de los sistemas de captación de energía eólico y solar fotovoltaico, con el fin de suplir de energía eléctrica en dicha planta.

Finalmente, se culmina con la fase de terminación que incluiría la documentación completa de las diferentes fases y el estudio final del proyecto con una verificación de eficiencia de las variables y un seguimiento previo para la obtener una mayor calidad de eficiencia y productividad en la planta de tratamiento de agua. Esta metodología de trabajo se debe fundamentar con las fases del ciclo de vida del producto que garantiza eficiencia, menor tiempo utilizado, menos costos definidos y mayor productividad y eficiencia en los procesos de producción y gestión. Además, se busca implementar una metodología de implementación de los equipos de captura de energía que se podrá identificar en el siguiente cuadro:



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## **Recopilación información proveedores a nivel regional y nacional**

Antes de iniciar cualquier diseño es necesario contar con la información de los equipos disponibles en el mercado nacional, así como sus características más importantes necesarias para realizar el diseño.

**a.** Caracterización potencial energético: Para el diseño de un sistema híbrido en el área del CIPLL se trabajará con la información recopilada durante el año 2016 en el proyecto “CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE DENTRO DE LAS INSTALACIONES DEL SECTOR AGROINDUSTRIA DEL SENA DE LA CIUDAD DE PASTO A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PILOTO DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA HÍBRIDO (EÓLICO Y SOLAR FOTOVOLTAICO). Los datos suministrados por el estudio corresponden a la irradiación solar y eólica para cada hora del día para el año 2016.

**b.** Calculo de la carga eléctrica del sistema: Para calcular la carga total del sistema se utiliza una plantilla para la recolección de información base como potencia consumida por cada equipo y tensión de operación, con esto se procede al cálculo de la potencia total del sistema, calculando por separado las cargas de corriente alterna y las de corriente continua si existiesen.

**c.** Tensión nominal del sistema: Para seleccionar el voltaje nominal del sistema se tiene en cuenta el voltaje requerido para las cargas y la corriente total. Si el sistema cuenta solo con cargas de corriente continua lo recomendable es seleccionar la tensión nominal del sistema de acuerdo a la carga que trabaje a mayor tensión.

**d.** Calculo banco de baterías: El primer componente que se calcula para el sistema híbrido de captura de energía, es el banco de baterías usando el criterio de la norma técnica de sistemas fotovoltaicos, el sistema debe tener la capacidad para funcionar mínimo de 3 días con plena autonomía.

Por lo tanto, la energía de diseño total que debe almacenar el banco de baterías será igual a:

$$\text{Ediseño(Wh/día)} = \text{Da} * \text{Ecorregida}$$

**e.** Calculo módulos fotovoltaicos: En el método de diseño se utilizan la potencia pico de los módulos considerando esta la mejor forma para comparar los módulos fotovoltaicos con el perfil de carga del sistema. El número de horas del día solar (DS) es utilizado en los cálculos de las dimensiones del arreglo fotovoltaico para determinar la potencia de diseño.

**f.** Calculo aerogenerador: Una de esas técnicas tiene lugar cuando se posee un mapa eólico de la región de estudio. Los mapas eólicos suministran los valores de la densidad de potencia, generalmente por regiones o áreas determinadas, por lo que pueden emplearse dichos valores para calcular la energía anual producida por un aerogenerador. Se pueden extrapolar teniendo en cuenta las diferencias topográficas y paisajísticas del sitio de medición y el sitio de emplazamiento. Esto se puede realizar con programas computacionales profesionales que realizan la extrapolación, o mediante fórmulas aproximadas. Cuando no es posible aplicar alguna de las técnicas anteriores, otra forma de calcular la densidad de potencia es usando la velocidad media del viento, y un adecuado factor de energía, o factor cúbico (FC). Lo anterior se expresa de la manera siguiente:

$$P/A = \frac{1}{2} \times (\text{densidad del aire}) \times (FC) \times V^3$$

**g.** Cálculo controlador de carga: La corriente máxima que debe soportar el regulador de carga corresponde a la corriente de cortocircuito del arreglo fotovoltaico, la cual se incrementa un 25% como un factor de seguridad para manejar la corriente excesiva ocasional.

$$N \text{ Controladores} = I_{\text{scarreglo}} \times 1,25 / I_{\text{SCT}}$$

**h.** Cálculo inversor: El dimensionamiento del inversor se realiza con la potencia máxima consumida simultáneamente por las cargas del sistema. Se debe tener cuidado para no sobredimensionarlo o sub-dimensionarlo debido a que la eficiencia de este depende directamente de la potencia nominal de trabajo.

Se selecciona un inversor cuya potencia de trabajo sea superior a la a potencia total consumida simultáneamente por las cargas, en el caso de que no sea se encuentre inversores con estas capacidades será necesario trabajar con más de un equipo.

$$N \text{ Inversores} = P_{\text{ins}} / P_{\text{ni}}$$

**i.** Definición de área destinada para la instalación de equipos: El área requerida para la instalación del arreglo fotovoltaico dependerá de la forma de instalación de este. Para la instalación en el suelo o techo sobre una estructura de anclaje es necesario calcular la distancia mínima entre paneles de tal forma que al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima), la sombra de la arista superior de una fila se proyecte como máximo, sobre la arista inferior de la siguiente.

**j.** Presupuesto: La evaluación del proyecto se debe hacer no solamente sobre la inversión inicial, sino también sobre los costos de, mantenimiento y reposición de elementos. Dentro de los costos de inversión se tiene en cuenta el costo inicial de los equipos utilizados en la instalación fotovoltaica (módulos fotovoltaicos, baterías, controlador de carga, inversor).

**Tipo de investigación y enfoque:** El enfoque de esta investigación es cuantitativo, pues se desea implementar el método científico como herramienta de observación y muestreo registrado de los datos que arroje esta investigación.

**Población y muestra:** La muestra se desarrollará en la ciudad de Pasto, específicamente, en las instalaciones del SENA, pues se considera que, dada la infraestructura y su ubicación estratégica en el centro de nuestra ciudad, es un lugar óptimo y adecuado para la recolección de los datos.

**Fuentes e instrumentos de evaluación:** el Método científico nos permitirá recolectar la información necesaria para soportar nuestra investigación.

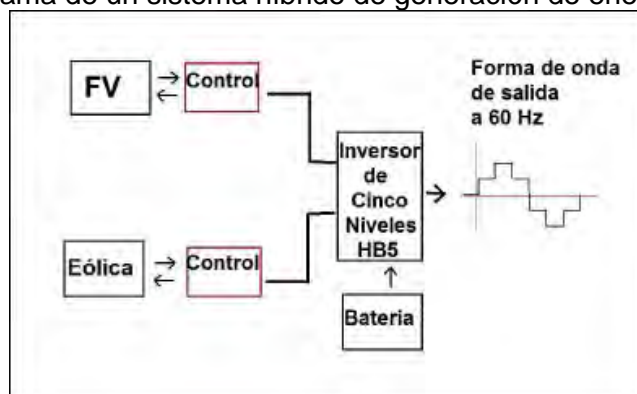
La implementación de estos componentes está basada en un diagrama eléctrico de conexión, que es diseñado entre aprendices que generan y garantizan su buen funcionamiento.

## Sistemas híbridos de energías renovables

Estos sistemas se denominan “híbridos” porque pueden generar energía eléctrica a partir de dos o más fuentes de energías renovables simultáneamente; por ejemplo, fotovoltaica – eólica.

Los sistemas híbridos se componen de varias partes fundamentales (figura 3):

**FIGURA 3.** Diagrama de un sistema híbrido de generación de energías eólico y solar



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Un sistema híbrido contempla al menos 2 tipos distintos de energía renovable en este caso eólica y solar fotovoltaica.

- Una Fase de control de carga para la captación de los dos tipos de energía.
- Un banco de baterías alimentado por el sistema híbrido.
- Un inversor Corriente Directa-Corriente Alterna (CD/CA) resultado de la energía captada por el sistema híbrido.

### Energía Solar Fotovoltaica (FV)

La energía solar Fotovoltaica (FV) funciona bajo el principio físico del efecto fotoeléctrico el cual, al hacer incidir luz visible en un material semiconductor, se genera una absorción de fotones y desplazamiento de electrones en dicho material. Esto da lugar a la generación de un potencial eléctrico en los extremos de dicho material” (Rekioua, 2012).

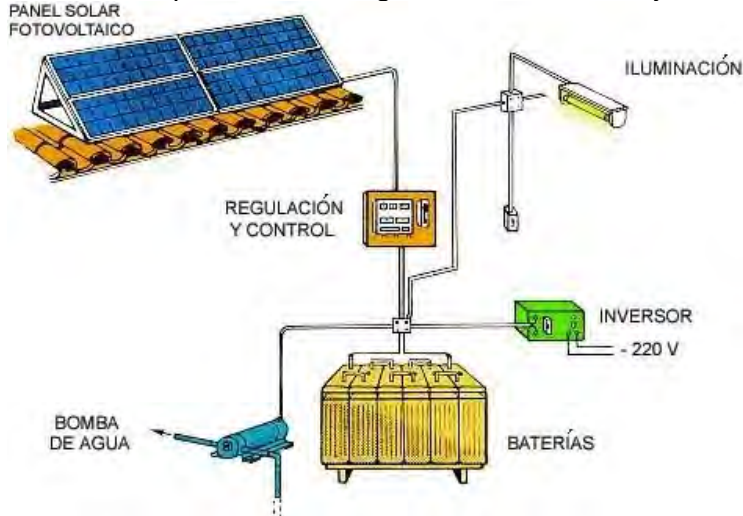
El voltaje y la corriente producidos por un panel solar son directamente proporcionales al área de captación y a la irradiación incidente.

Consiste en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica cobrando por cada kWh vertido. Actualmente, en países como España, Alemania o Japón, las compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por estas centrales fotovoltaicas. El precio de venta de la energía también está fijado por ley y garantizado durante 25 años, de manera que se incentiva la producción de electricidad solar al resultar estas instalaciones amortizables en un periodo de tiempo que puede oscilar entre los 5 y 10 años.



En la siguiente figura podemos identificar gráficamente el proceso de captación de energía solar fotovoltaica a través de paneles solares y los componentes que permiten convertir la energía solar en energía eléctrica.

**FIGURA 4.** Modelo de captación de energía solar fotovoltaica y sus componentes.



Fuente: <http://www.canarygreenenergy.com/Servicios/Proyectos/ESolarFotovoltaica.aspx>

## Energía eólica

La energía eólica es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire, es decir del viento. En la tierra el movimiento de las masas de aire se deben principalmente a la diferencia de presiones existentes en distintos lugares de esta, moviéndose de alta a baja presión, este tipo de viento se llama viento geoestrófico.

Para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del viento a nosotros nos interesa mucho más el origen de los vientos en zonas más específicas del planeta, estos vientos son los llamados vientos locales, entre estos están las brisas marinas que son debida a la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra , también están los llamados vientos de montaña que se producen por el calentamiento de las montañas y esto afecta en la densidad del aire y hace que el viento suba por la ladera de la montaña o baje por esta dependiendo si es de noche o de día.

La energía eólica funciona bajo el principio físico de la ecuación de flujo de Bernoulli que trata de la conservación de la masa de un fluido (aire) a través de dos secciones transversales de área A1 y A2 respectivamente (Ackermann, 2005).

El principio básico de funcionamiento es el siguiente:

- El viento hace girar las aspas produciendo una determinada velocidad angular en el rotor de las mismas.
- Dicho rotor gira a baja velocidad y lleva consigo una determinada potencia mecánica que es directamente proporcional a la velocidad de giro de las aspas.
- Dicha velocidad angular se multiplica mediante una serie de engranes.

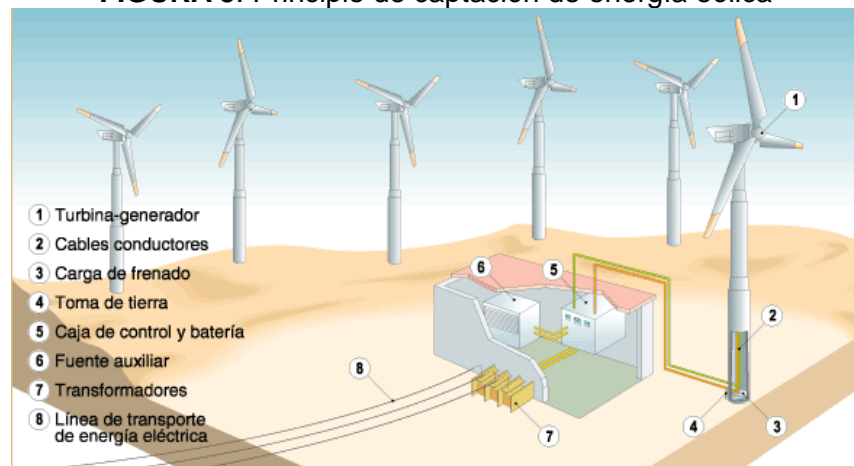
- d) Las velocidades angulares resultantes son del orden de 1500 a 3000 RPM (revoluciones por minuto).
- e) Esta potencia mecánica es transformada en potencia eléctrica mediante un generador eléctrico que puede ser síncrono o asíncrono.
- f) Como sistema de emergencia se dispone de un freno mecánico que detiene la velocidad de rotación de los ejes de baja y alta velocidad en caso de ser necesario.

Este es el principio básico de funcionamiento de un aerogenerador. Sin embargo, es importante notar que los aerogeneradores comerciales disponen algunos de otros elementos:

- Sensores de posición, velocidad de giro, temperatura etcétera.
- Veleta
- Anemómetro
- Un procesador digital de señales que sirva para monitorear y controlar todos los procesos.

A continuación, podemos identificar gráficamente el proceso de captación de energía eólica a través de aerogeneradores y sus respectivos componentes que permiten convertir la energía eólica en energía eléctrica.

**FIGURA 5.** Principio de captación de energía eólica



Fuente: <http://e->

[educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1088/html/2\\_energia\\_eolica.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1088/html/2_energia_eolica.html)

¿Cómo produce energía un aerogenerador? El funcionamiento de un aerogenerador puede explicarse en función de las siguientes fases:

## **Orientación automática**

El aerogenerador se orienta automáticamente para aprovechar al máximo la energía cinética del viento, a partir de los datos registrados por la veleta y anemómetro que incorpora en la parte superior. La barquilla gira sobre una corona situada al final de la torre.

## **Giro de las palas**

El viento hace girar las palas, que comienzan a moverse con velocidades de viento de unos 1,5 m/s y proporcionan la máxima potencia con unos 11 m/s. Con vientos muy fuertes (25 m/s) las palas se colocan en bandera y el aerogenerador se frena para evitar tensiones excesivas.

## **Multiplicación**

El rotor (conjunto de tres palas engarzadas en el buje) hace girar un eje lento conectado a una multiplicadora que eleva la velocidad de giro desde unas 13 a unas 1.500 revoluciones por minuto.

## **Generación**

La multiplicadora, a través del eje rápido, transfiere su energía al generador acoplado, que produce electricidad.

## **Evacuación**

La energía generada es conducida por el interior de la torre hasta la base y, desde allí, por línea de cables hasta la subestación, donde se eleva su tensión para inyectarla ya sea a la red eléctrica, a las baterías o distribuirla a los diferentes puntos de consumo.

## **Monitorización**

Todas las funciones críticas de un aerogenerador deben ser monitoreadas y se supervisan desde un centro de control, para detectar y resolver cualquier incidencia.

## **¿Qué es una Estación Meteorológica?**

Es un instrumento que permiten medir las distintas variables que afectan al estado de la atmósfera. Es decir, es un lugar que nos permite la observación de los fenómenos atmosféricos y donde encontraremos sensores que son los encargados de medir las diferentes variables que ocurran en la atmósfera. Muchos de estos los encontraremos al aire libre, pero otros, aunque también han de estar al aire libre, deben estar protegidos de las radiaciones solares para que los datos no se miren afectados, el aire debe circular por el interior. Los que deben estar protegidos de las inclemencias del tiempo, se encuentran dentro de una garita meteorológica.

Una garita meteorológica es una cabina donde se instalan los aparatos del observatorio meteorológico que se deben proteger. Esta es una especie de cabina elevada un metro y medio del suelo (como mínimo elevada 120 cm) y con paredes en forma de persiana; éstas deben estar colocadas de manera que impidan la entrada de los rayos solares en el interior

para que no se altere la temperatura y la humedad. La puerta de la garita debe estar orientada al norte y la teja debe estar ligeramente inclinada.

### ¿Cómo funciona?

La mayor parte de la estación meteorológica están automatizadas (E.M.A) requiriendo un mantenimiento ocasional. Existen observatorios meteorológicos sinópticos, que cuentan con personal (observadores), de tal manera que además de los datos anteriormente señalados se pueden tomar aquellos relativos a nubes, visibilidad y tiempo presente y pasado. La toma de estos datos se denomina observaciones sinópticas.

Para la medida de variables en mares y océanos se utilizan sistemas dispuestos en flotas meteorológicas.

### Estudio de los datos generados por las estaciones meteorológicas

Con la intención de determinar la capacidad de generación de energía renovable de las instalaciones del Centro Internacional De Producción Limpia LOPE y en específico hablando del potencial solar y eólico, se decide como paso inicial realizar la compra, instalación y recopilación de la información generada por dos estaciones meteorológicas, estos son dispositivos que realizan el registro de datos medio ambientales de alto rendimiento de manera inalámbrica, estas estaciones meteorológicas presentan tecnología avanzada de sensores para obtener mediciones más exactas y de buena precisión, además de proporcionar datos en tiempo real, guardando históricos sobre variables ambientales como la temperatura interior y exterior, la humedad, la velocidad del viento (promedio y ráfagas), dirección del viento, la intensidad solar y el índice de UV, la presión barométrica y la precipitación. Este conjunto de datos, proporcionan la base fundamental del inicio del estudio de caracterización ambiental base de la generación eléctrica renovable de un sitio en específico, en nuestro caso del Centro Internacional De Producción Limpia LOPE.

**FIGURA 6.** Estación meteorológica PROWEATHERSTATION TP2700W



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Después de un profundo estudio se determinó que según las características presentes en el terreno y de la posición geográfica, la estación meteorológica PROWEATHERSTATION TP2700W, es la estación que existe en el mercado, que proporciona las características deseadas al menor costo posible sin perder la calidad deseada.

De acuerdo a la disposición de los terrenos adecuados, la posición geográfica, la extensión del Centro Internacional De Producción Limpia LOPE y los permisos de uso de suelo interno del centro para las instalaciones, se realizó un estudio en conjunto con las coordinaciones académicas y misionales, el arquitecto del centro y el subdirector del centro, determinando que por estrategia las estaciones debían abarcar la mayor cantidad de sectores posibles, pero en donde fuera posible su instalación, con lo que se concluyó que los sitios estratégico de instalación serian la parte alta y el sector de sembrados de frutas del centro de formación, ya que con esto se lograría caracterizar los sectores presentes en el centro de formación, es así como se definen los siguientes puntos de instalación:

**FIGURA 7.** Mapa y Toma aérea de los puntos de instalación de las estaciones meteorológicas dentro de las instalaciones del CIPLL del SENA regional Nariño



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Posterior a la selección de los lugares y de acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados, para la caracterización del potencial solar y eólico, se decide crear un semillero de investigación (Semillero de Investigación en Energías Renovables CIPLL) el cual fue encargado de determinar las características técnicas necesarias de instalación y de potencialización de las estaciones meteorológicas generadoras de los datos bases de este estudio, en donde como resultado se genera no solo los requerimientos mínimos de instalación de mantenimiento, sino que a su vez se proponen posterior a la primera recolección de información y de acuerdo a la disposición de elementos, la creación de dos prototipos que permitirán demostrar el potencial energético renovable del Centro Internacional De Producción Limpia LOPE según parámetros mínimos de comprobación.

Partiendo de los datos técnicos de instalación generados por el semillero de investigación y en conjunto con el grupo de formación del Tecnólogo en Automatización Industrial, con ficha1135417, que recibe formación en el Centro Internacional De Producción Limpia LOPE, se realizó la instalación de las dos estaciones meteorológicas en los puntos previamente definidos, lo anterior fue posible gracias a los aportes investigativos del semillero de investigación y a un curso corto de formación que fue impartido por medio de un evento de divulgación tecnológica a los aprendices del tecnólogo descrito anteriormente, a los cuales

se les plantea luego de la capacitación técnica, un proyecto formativo, en el cual debían simular en el entorno real la instalación, puesta a punto, mantenimiento y posterior colección de la información generada por las estaciones meteorológicas instaladas, logrando un avance muy significativo en la creación de nuevo conocimiento en el área de energías alternativas y en la integración de los proyectos de investigación con los planes de formación de los aprendices del Centro Internacional De Producción Limpia LOPE.

**FIGURA 8.** Proceso de instalación de la estación meteorológica 1 dentro de las instalaciones del CIPLL del SENA regional Nariño por parte de los aprendices de Automatización industrial, como práctica de formación.



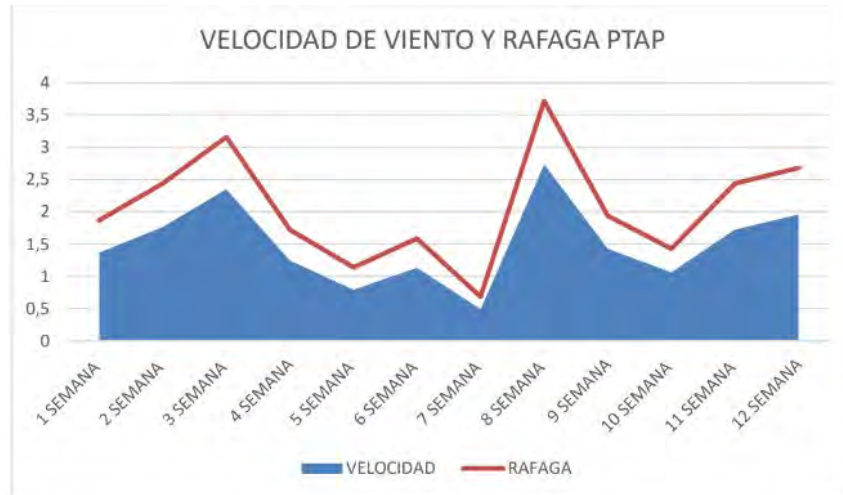
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## RESULTADOS

Análisis estadístico de viento y ráfaga en la estación meteorológica ubicada en planta de tratamiento de agua potable PTAP.

Con la información del potencial de viento de las últimas 12 semanas suministrada por las estaciones meteorológicas instaladas dentro del Centro de información, se logró desarrollar un resumen estadístico relacionada con el potencial de viento disponible, como se observa en la siguiente gráfica, se interpreta que la velocidad promedio es de un valor de 1,5 metros por segundo, cabe aclarar que en algunos momentos, se obtienen picos que superan los 10 m/s, lo cual es considerado aceptable, pero en la mayoría de datos obtenidos el potencial eólico no es suficiente para poner a andar un aerogenerador de uso comercial. Se puede concluir que la velocidad de viento no abaste el valor característico mínimo. Al obtener esta conclusión podemos ampliar nuestra visión del proyecto en plantear un diseño de aerogenerador que pueda trabajar en el valor promedio que arroja nuestra estadística y poder suplir como soporte la carga que necesita el sistema.

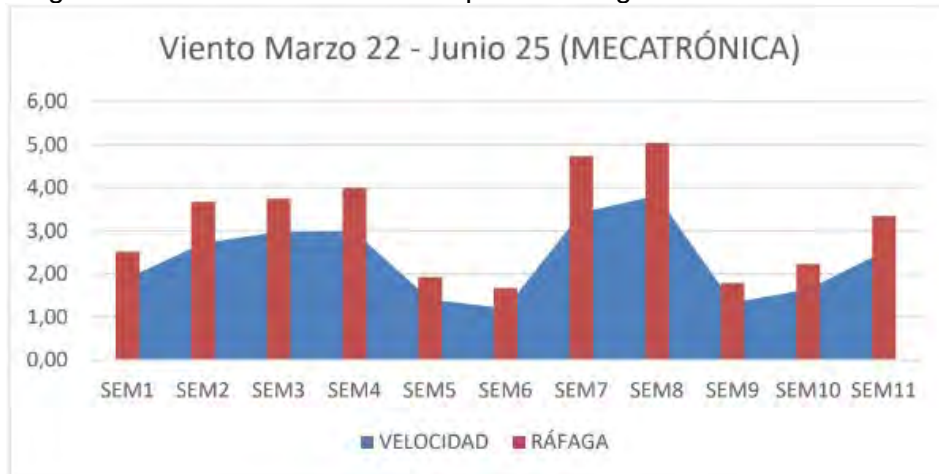
**FIGURA 9:** Análisis de potencial energético eólico y estudio de ráfagas, datos obtenidos por estaciones meteorológicas instaladas la Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP del CIPLL.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Adicionalmente, el análisis realizado a los datos de las variables de velocidad de viento y ráfaga para la otra estación, instalada en otro punto estratégico del centro de formación, en este caso en el ambiente pluritecnológico de mecatrónica, indican que el perfil de viento analizado tiene una velocidad promedio de 2,35 m/s con ráfagas de 3,15 m/s, además se tienen valores promedio máximos de 3,82 m/s para la velocidad de viento y 5,04 m/s en ráfaga de viento, esto queda bosquejado en las siguientes gráficas:

**FIGURA 10:** Análisis de potencial fotovoltaico y térmico, datos obtenidos por estaciones meteorológicas instaladas en el ambiente pluritecnológico de mecatrónica del CIPLL.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

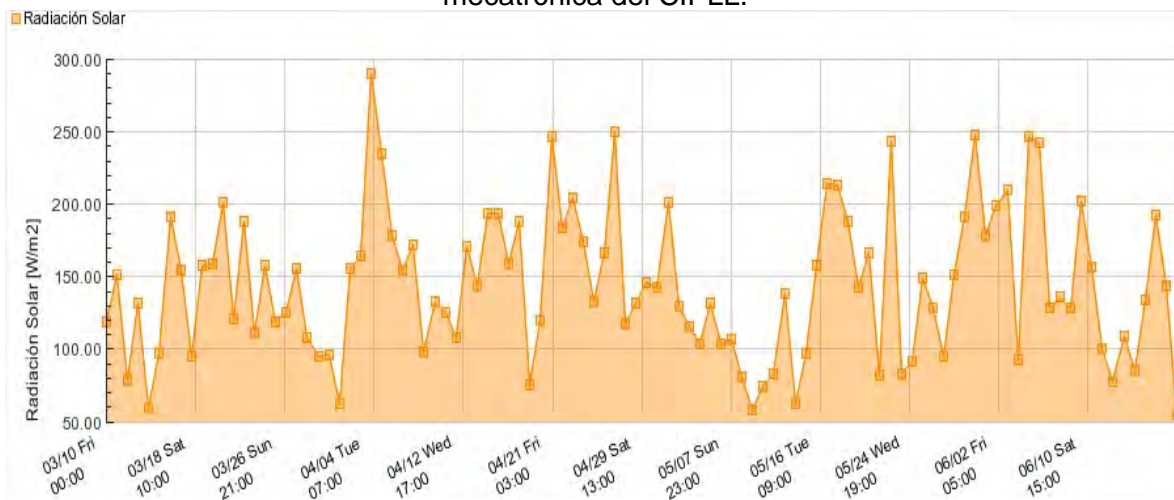
**Análisis estadístico de potencial fotovoltaico y radiación solar en la estación meteorológica ubicada en planta de tratamiento de agua potable PTAP**

A comparación de los resultados de la gráfica anterior, los resultados de radiación solar y de potencial fotovoltaico son satisfactorios, teniendo en cuenta que gracias a que

pertenece al trópico ecuatorial, existe un gran potencial para ser aprovechado a través de tecnologías tanto fotovoltaicas como también térmicas. Con la información del potencial solar de los últimos meses suministrado por las estaciones meteorológicas instaladas dentro del Centro de información, se logró desarrollar un resumen estadístico relacionada con el potencial de fotovoltaico y térmico disponible, como se observa en la siguiente gráfica, se interpreta que entre las 8 am y las 6 pm se alcanzan promedios de hasta 220 Watios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), lo cual es un indicador positivo.

Cabe aclarar que, en algunos momentos, entre las 11 am y las 2 pm se obtienen picos que alcanzan los  $300 W/m^2$ , lo cual es considerado enriquecedor para esta investigación,

**FIGURA 11.** Análisis de potencial energético eólico y estudio de ráfagas, datos obtenidos por estaciones meteorológicas instaladas en el ambiente pluritecnológico de mecatrónica del CIPLL.

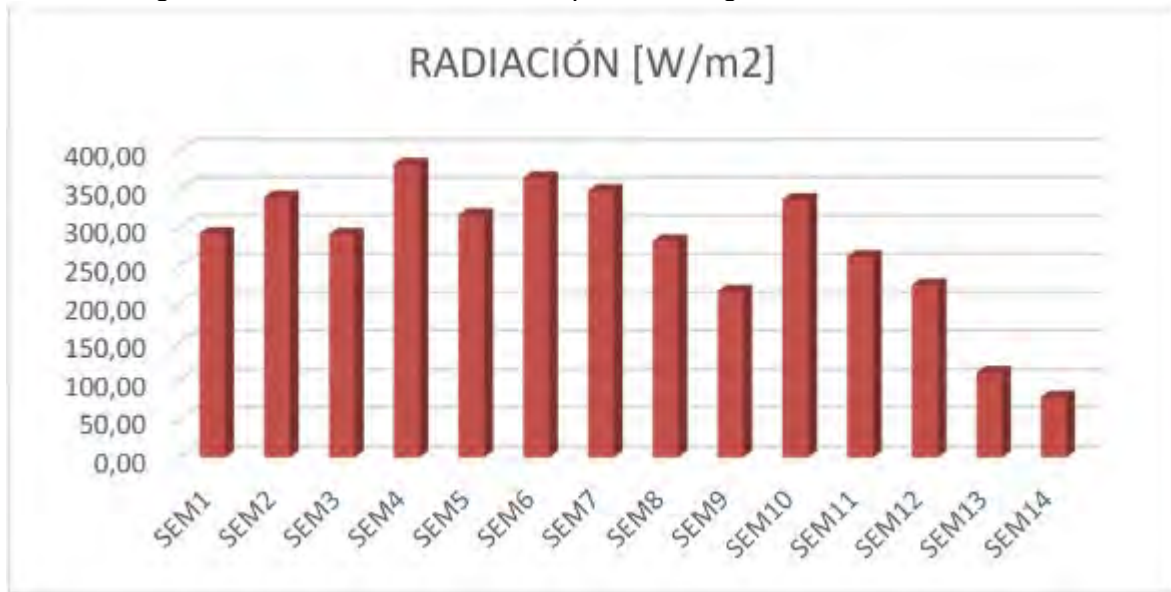


Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Teniendo como herramienta principal las estaciones meteorológicas instaladas en el “CENTRO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA LOPE” (CIPLL), se pudo determinar que es posible generar energía eléctrica aprovechando tanto la energía solar como la eólica, ya que según el análisis realizado, la radiación solar promedio que se percibe en un periodo de observación de 14 semanas (entre marzo y junio de 2017) es de  $274,34 [W/m^2]$  (entre las 8am y 6pm), teniendo en este periodo un valor promedio máximo de  $605,91 [W/m^2]$  con picos desde 900 a  $1140 [W/m^2]$  entre las 11am y 2pm, lo anterior se bosqueja en la siguiente gráfica:



**FIGURA 14.** Análisis de potencial fotovoltaico y térmico, datos obtenidos por estaciones meteorológicas instaladas en el ambiente pluritecnológico de mecatrónica del CIPLL.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Finalización y trabajo futuro:**

Después de realizar el análisis de los datos generados por las estaciones meteorológicas, de haber realizado las investigaciones de los equipos existentes en el mercado, de haber realizado los manuales de instalación de los mismos y de haber comprobado con prototipos funcionales el correcto funcionamiento del sistema de generación híbrido (Solar fotovoltaico y eólico), podemos concluir que la generación del conocimiento e innovación tecnológica, es posible realizarla en el SENA gracias a el talento de los aprendices y de los instructores, unido a la oportunidad de realizar proyectos de investigación aplicada, además de que con la culminación de este tipo de proyectos y con todo el conocimiento generado en ellos es de vital importancia transmitir estos conocimientos a todos los aprendices de los tecnólogos involucrados con la investigación, lo anterior para disminuir cada día la brecha tecnológica que tiene tan rezagada la región nariñense y en general al país entero.

### **CONCLUSIÓN**

Se debe acelerar la diversificación energética dentro del centro de formación, ya que la variabilidad y diversidad de fuentes de energías renovables deben ser aprovechadas en sentido tal que toda la comunidad del SENA tenga acceso a tan importante información.

Debido a nuestra situación climática y la dependencia de las fuentes hídricas en nuestro medio, se hace necesaria la realización de grandes esfuerzos para gestionar y afrontar los riesgos que generan no ajustarse a la actual coyuntura mundial relacionada con el cambio climático, buscando adaptarse a ellos, por un lado, y paralelamente estudiar y aprovechar el potencial en otras fuentes renovables y alternativas, de tal modo que asegure su abastecimiento en el futuro.

Colombia, por su estratégica posición en el trópico y en el sistema montañoso de los Andes, tiene un potencial importante en energías, que en su gran mayoría se pueden identificar y aprovechar de manera práctica dentro de las instalaciones del Centro Internacional de Producción Limpia Lope y el Centro Agroindustrial y Pesquero de Tumaco, tal como lo son la eólica, la solar y la geotérmica, la biomasa y la mareomotriz, pero debe crear las condiciones para desarrollarlas en firme, lo cual le permitirá mantenerse como una estrategia de aprendizaje transversal y posicionarse además como desarrolladores de energías limpias y de productos con una huella igualmente baja en carbono.

Se podría en el campo de la energía solar fotovoltaica, trabajar en el desarrollo de celdas solares híbridas con nuevos materiales más baratos y de alta eficiencia que podrían impulsar la apuesta por esta alternativa energética en Colombia.

Por ello, consideramos necesaria una política que desde el Estado intervenga en forma integral los territorios donde desarrollamos los macro proyectos de impacto regional y nacional, que son la columna vertebral para la competitividad y la sostenibilidad del país. Y desde luego, se deben impulsar iniciativas que conduzcan a la reducción de emisiones a través de la eficiencia energética y la transferencia y apropiación de tecnologías más limpias y eficientes, entre otras.

## REFERENCIAS

Ackermann, T. (2005). *Wind power in power systems*. ed. John Wiley.

Centro del agua UDEC. (28 de julio de 2014). Estación Meteorológica. Parte 1. Componentes Principales. <https://www.youtube.com/watch?v=4WMagQCPZLw>.

Pantoja, A., Fajardo, D., & Guerrero, K. (2014). *Hacia el Análisis de Oportunidades Energéticas con Fuentes Alternativas en el Departamento de Nariño*. Pasto: Unimar.

PCE Inst. (s.f.). *PCE Inst.* Obtenido de PCE Inst.: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles- tecnicos/logger-de-datos/logger-datos-pce-fws20.htm>

Rekioua, D. (2012). *Optimization of photovoltaics power systems: modelization, simulation and control*. USA : Springer.

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2013). *Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA (SENNOVA)*. Obtenido de [www.sena.edu.co](http://www.sena.edu.co) : [http://www.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,- Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-\(SENNOVA\).aspx](http://www.sena.edu.co/oportunidades/formacion/Paginas/Sistema-de-Investigacion,- Desarrollo-Tecnologico-e-Innovacion-del-SENA-(SENNOVA).aspx)



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL GENERADO POR LA IMPLEMENTACIÓN DE AEROGENERADORES.

SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACT GENERATED  
BY THE IMPLEMENTATION OF WIND TURBINES.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL GENERADO POR LA IMPLEMENTACIÓN DE AEROGENERADORES.**

## **SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACT GENERATED BY THE IMPLEMENTATION OF WIND TURBINES.**

Raúl José Martelo Gómez,  
Juan M. Jaramillo Beltrán,  
Renzo de Jesús Barrios Pájaro,  
Jesús Llerena Cabrera,  
Deimer Antonio Romero Madera.

### **RESUMEN**

Cuando se implementa un aerogenerador se producen impactos positivos y negativos, que afectan el entorno donde son ubicados. Debido al tamaño de las torres, estas representan un problema de carácter ambiental por representar contaminación visual y auditiva como son: la migración de las aves, los residuos físicos y líquidos al ser construidas. Los lugares donde son colocados estos proyectos, debido a la geografía que describen dichas áreas, perjudican las comunidades indígenas que dependen de la explotación de ellas. En la Guajira para identificar cómo afecta implantar aerogeneradores, debido a que representa un potencial eólico se observaron dos niveles: social y ambiental. Esta es una zona rural donde existe poco apoyo del gobierno y se desea minimizar los problemas ambientales y sociales para aprovechar al máximo el potencial que brinda esta zona con vientos de velocidades a partir de 9 m/s. Se estudiaron proyectos realizados en la Guajira, a fin de identificar como afectó el entorno y a los habitantes de estos terrenos. Tras haber concluido los estudios de los impactos, se establecieron los siguientes aspectos ambientales y sociales como son: choque de las aves contra torres, ruido generado, daños en el ecosistema, aumento de emisiones por la constante movilización de vehículos, generación de empleo, desplazamiento de familias, fortalecimiento de la economía local, entre otras. Teniendo en cuenta lo anterior se plantearon soluciones que permitirán el manejo de los impactos negativos para la utilización del viento en la generación de energía y buen uso del ecosistema.

**Palabras clave:** Eólica, La Guajira, Impacto, Social, Ambiental.

## ABSTRACT

When a wind turbine is implemented, there are positive and negative impacts that affect the environment where they are located. Due to the size of the towers, these represent an environmental problem because they represent visual and auditory contamination such as: the migration of birds, physical and liquid waste when being built. The places where these projects are placed, due to the geography that these areas describe, harm the indigenous communities that depend on the exploitation of them. In Guajira to identify how it affects the implementation of wind turbines, because it represents a wind potential, two levels were observed: social and environmental. This is a rural area where there is little government support and it is desired to minimize environmental and social problems to maximize the potential of this area with winds of speeds from 9 m / s. Projects were studied in Guajira, in order to identify how the environment and the inhabitants of these lands affected. After concluding the studies of the impacts, the following environmental and social aspects were established: bird's crash against towers, generated noise, damages to the ecosystem, increase of emissions by the constant mobilization of vehicles, generation of employment, displacement of families, strengthening of the local economy, among others. Taking into account the above, solutions were proposed that will allow the management of the negative impacts for the use of the wind in the generation of energy and good use of the ecosystem.

**Keywords:** Wind, La Guajira, Impact, Social, Environmental.

## INTRODUCCIÓN

La Guajira, Colombia, representa una de las mayores productoras de carbón, debido a la mina El cerrajón de cielo abierto. Este puede ser utilizado para la producción de energía mediante la combustión para la evaporación de agua, a alta presión para activar turbinas. Pero este tipo de prácticas causan alteraciones al ecosistema. Tanto la extracción como la explotación del carbón, son actividades que degeneran el medio ambiente y los seres vivos aledaños a estas zonas.

Por ello, es necesario realizar un cambio, usando fuentes alternativas que permitan el aprovechamiento de recursos que provengan del ciclo natural del planeta: solar, biomasa, hidroeléctrica, eólica entre otras (Ministerio de educación colombiana, 2017). La Energía solar aprovecha la radiación irradiada por el sol hacia la capa terrestre mediante celdas fotovoltaicas que la convierten en energía eléctrica (Méndez et al., 2007). La Energía de biomasa es aquella que proviene de la quema de productos orgánicos, para la generación de diversos tipos de energía (Quintero y Quintero, 2015). La Energía hidroeléctrica es aquella que aprovecha el caudal de los ríos y lagos y es de bajo costo (Mora et al., 2017). Y la Energía eólica aprovecha las corrientes de viento para mover una turbina o aerogenerador, con el fin de tornar el movimiento de estas en energía eléctrica (Roldán, 2013).

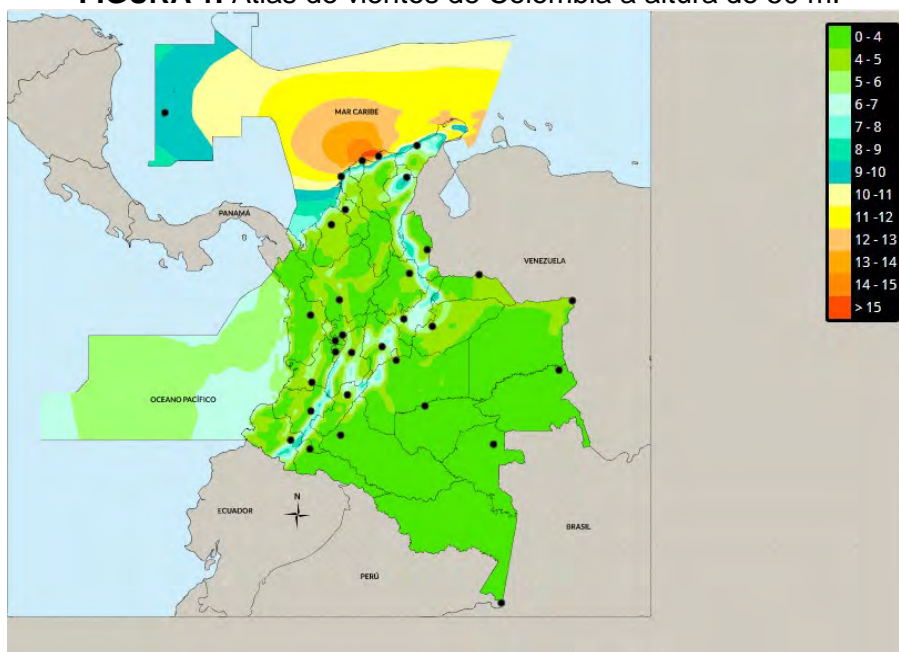
En este sentido, los aerogeneradores son una manera de aprovechar la energía cinética del viento, porque se puede utilizar para producir energía eléctrica, mediante un generador de imanes, que transforma la electricidad mediante el trabajo mecánico de un rotor (Orduz

y Suárez, 2011). Además, pueden ser de tipos: alto o bajo, con respecto a la capacidad de conversión de energía (Araújo et al., 2009).

Teniendo en cuenta lo descrito, es necesario analizar qué lugares cuentan con un potencial para aprovechar el recurso del viento como fuente de energía limpia. Estos principalmente deben contar con velocidades de viento que van desde los 6.5 m/s, que es el promedio usado a nivel mundial en la explotación del recurso (Juárez-Hernández y León). Lugares que cuentan con estas características suelen ser: costas largas, valles y cadenas de montañas (Watts et al., 2016).

En Colombia diversos lugares cuentan con este tipo de características geográficas, pero se destaca La Guajira, la cual posee con potencial eléctrico registrado en 2014 de 18 GW aproximadamente (BREG y ARE, 2014), la velocidad de viento que maneja la esta zona ronda entre los 9 m/s hasta los 13 m/s a una altura de 50 m en diversos lugares como se evidencia en la Figura 1. Pero a pesar de contar con potencial eólico, registros muestran que el 0.1% de la energía usada en Colombia proviene de esta fuente (Botero et al., 2010). Debido a que este terreno es indígena, es necesario llegar a un acuerdo con estos para la explotación de esas tierras, como lo indica el artículo 330 de la constitución Colombiana. Por ello, se propone buscar la manera para aprovechar el potencial eólico de La Guajira, observando los impactos sociales y ambientales que causa la instalación de aerogenerador.

**FIGURA 1.** Atlas de vientos de Colombia a altura de 50 m.



Fuente: IDEAM (2017)

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Energía Fósiles: es aquella que en su etapa de generación produce diversos contaminantes como: dióxido de carbono, nitrógeno, metano, entre otros gases perjudiciales para la salud humana y contribuyen con el efecto invernadero. Además, los

recursos explotados para la generación de este tipo de energía necesitan millones de años para su formación (Apergis y Payne, 2012).

**Energía Renovable:** es aquella generada mediante el aprovechamiento de recursos naturales que pertenecen al ciclo ambiental, estas se caracterizan por ser no contaminantes (Jianyu et al., 2017).

**Energía Eólica:** es la energía que se obtiene por el aprovechamiento de las corrientes de viento generadas por el calentamiento de la atmósfera, esto la convierte en una forma indirecta de energía solar debido al calentamiento de la atmósfera mediante la energía solar (Alrikabi, 2014).

**Aerogeneradores:** Estos son los implementos usados para aprovechar la fuerza del viento y constan de implementos como son: Torre, generador, caja de engranajes y un sistema de control (Quispe y Calderón, 2015).

**Wayuú:** Comunidad indígena que habita en la Guajira, ubicada al norte de Colombia y al noreste de Venezuela, sobre el mar Caribe. Ocupan un área de 1.080.336 hectáreas, las cuales están localizadas en el resguardo de la Alta y Media Guajira, ocho resguardos más ubicados en el sur y la Media Guajira y la reserva de Carraipía. Esta población indígena se encuentra situada en los municipios de: Barrancas, Distracción, Fonseca, Maicao, Uribía, Manaure y Riohacha; asimismo, hacen presencia en el estado venezolano de Zulia (Ministerio del interior, 2011).

## **METODOLOGIA**

Se definió la investigación como cualitativa porque los datos que fueron tratados a lo largo de la investigación no fueron medidos mediante uso de estadística descriptiva (Hernández et al., 2014). Por otra parte, para obtención de los datos se utilizó la técnica revisión documental, mediante la consulta de Bases de datos, revistas, libros, proyectos, sitios web de empresas y/o organizaciones a fin de identificar los diversos impactos sociales y ambientales que surgen tras la implementación de aerogeneradores.

Se establecieron los siguientes lineamientos para el desarrollo de la metodología.

**Estudio de los proyectos:** se investigaron los proyectos de granjas eólicas ejecutados y en ejecución para la región de la Guajira, donde se consultaron empresas que los realizaron.

**Identificación de los impactos tras haber realizado la investigación,** se identificaron diversos impactos en el ecosistema y las comunidades indígenas que en la región habitan.

**Análisis de resultados:** tras haber recopilado y clasificado los impactos en negativos y positivos, se procedió a dar lineamiento (estrategias) para la disminución de los impactos negativos.

## RESULTADOS

En primera medida se recolectó información acerca de dos proyectos de Granjas eólicas ubicadas en la Guajira, realizados por las empresas energéticas ISAGEN SA, Wayuu SA y EPM donde las dos primeros tienen en ejecución el proyecto del ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO PARQUE EÓLICO y la última con el parque Jepirachi, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Proyectos estudiados

Proyectos	Empresas	Estado
Granja eólica Jepirachi	EPM	Terminado
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARQUE EÓLICO	ISAGEN	En Estudios
	WAYUU SA	

Fuente: Elaboración propia.

Se analizaron los dos proyectos mencionados en la tabla anterior, a fin de identificar los impactos ambientales y sociales que causan la implementación de los aerogeneradores implementados, donde se identificaron aspectos positivos y otros negativos. Fueron clasificados en la tabla 2, de acuerdo al carácter y tipo de impacto.

**Tabla 2.** Impactos sociales y ambientales

PROYECTOS	CARÁCTER	IMPACTO	DESCRIPCIÓN
Granja eólica Jepirachi	Social	Positivo	Generación de empleo. Aumentos de ingresos municipales
		Negativo	Potenciación de conflictos. Afectación del patrimonio arqueológico. Alteración de la dinámica comunitaria local.
	Ambiental	Positivo	Al ser una energía limpia esta es amigable con el ambiente.
		Negativo	Alteración y pérdida del suelo Pérdida de vegetación Colisión de aves con los Aerogeneradores.
Estudio de impacto ambiental parque eólico	Social	Positivo	Generación de empleo Fortalecimiento de la economía regional Generación de expectativas en la comunidad Afectación de la vida cotidiana
		Negativo	Afectación/mejoramiento de infraestructura vial Desplazamiento de familias Afectación patrimonio arqueológico
	Ambiental	Positivo	Generación de energía limpia
		Negativo	Cambios en el paisaje



			Pérdida de la cobertura vegetal Afectación a comunidades de mamíferos, reptiles y anfibios Colisión de aves con los aerogeneradores y/o con los conductores de la línea de conexión
--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia.

En ambos proyectos, se evidenció que el impacto social tras la instalación de estos es beneficioso para el departamento y las comunidades indígenas que habitan la zona, porque aportan apoyo en: Infraestructura, energía, generación de empleo y fortalecimiento de la economía de la región. Por otro lado, de manera negativa afectan a estos mismos debido a: desplazamiento de familias, rancherías, cultivos, entre otras, que afectaría a la cultura de los nativos de la región y potenciación de los conflictos de la comunidad.

Respecto a los impactos ambientales, un impacto positivo es que se adquiere energía limpia, es decir, el proceso de generación energética no produce ningún tipo de contaminación. Por otra parte, en el momento de instalación de las torres se generan diversos factores que afectan de manera negativa la flora y fauna como lo son: Cambio del paisaje, colisión de aves con los aerogeneradores, pérdida de la vegetación en las zonas cercanas entre otras.

Con los impactos negativos de la implementación de aerogeneradores identificados, se procedió a buscar acciones que permitan mitigar, eliminar o evitar estos problemas, teniendo en cuenta aspectos ambientales y sociales para aprovechar de manera eficiente el recurso eólico de La Guajira. A continuación, en la Tabla 3 se muestran dichos aspectos:

**Tabla 3.** Incidencia de aspectos sociales y ambientales

Carácter	Descripción
Social	Atención a la comunidad Inventario de infraestructura vial y viviendas Restitución de unidades habitacionales típicas Wayuu Manejo de arqueología
Ambiental	Compensación forestal por afectación de la cobertura vegetal Manejo por colisión de aves Manejo de residuos Manejo y reutilización del suelo

Fuente: Elaboración propia

En los aspectos sociales, se propuso para su mejoramiento atender las necesidades de los habitantes, debido a que utilizar sus tierras requiere conseguir un acuerdo con estos. Además, para la movilización de los recursos necesarios en la implementación de

aerogeneradores es pertinente una ruta óptima que permita su traslado y sea útil para la región.

Por otro lado, si se presenta la necesidad de movilizar a las familias, es obligación de las empresas encargada del proyecto la restitución total de su patrimonio. En caso del Manejo de arqueología, el proceso se realiza con prudencia y respeto del legado dejado por los antepasados, debido a que este es patrimonio de los indígenas.

En el aspecto ambiental, se propuso para la mitigación de los impactos negativos una compensación forestal, debido a que la zona de La Guajira donde se sitúan los aerogeneradores presenta poca vegetación y la instalación de los aerogeneradores requiere un manto de cemento para la base, lo cual implica que un número de plantas son removidas, por ello es necesaria la reubicación o reforestación de las misma, para evitar cambio en el ecosistema de la región.

Respecto a la colisión de aves, se planeó la reubicación de las aves en pos de evitar futuras colisiones. Después de haber finalizado con la instalación de los aerogeneradores es pertinente el manejar aquellos residuos sólidos y líquidos.

## **CONCLUSIÓN**

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que 1) principalmente para el uso del territorio de la Guajira es necesario llegar a un acuerdo con las comunidades indígenas que habitan de esta zona, para facilitar mejorar o implementar nuevos proyectos. 2) que el principal problema para el desarrollo de los proyectos es el costo que se incurre para la explotación de zonas indígenas 3) debido al carácter desértico de la zona de ubicación de los aerogeneradores en la Guajira, presenta escasa vegetación por lo que la reforestación pertinente es fácil y no representa un problema a gran escala.

## **REFERENCIAS**

Alkirabi, N. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy*, 2(1), 61-64.

Apergis, N., & Payne, J. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 733-738.

Araújo A, Melo G, Medeiros A, dos Santos M. (2009). Simulación de la Producción de Energía Eléctrica con Aerogeneradores de Pequeño Tamaño. *Información Tecnológica* Vol. 20(3), p 37-44.

BREG, ARE. The Colombia off-grid market in 12 pages, Players and Business Opportunities; 2014.

Botero S, Isaza F, Valencia A. (2010). Evaluation of methodologies for remunerating wind power's reliability in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 14(7). 2049-2058

- EPM. (23 de 10 del 2017). Jepirachi: una experiencia con la comunidad indígena Wayuu de la Alta Guajira colombiana recuperado de <https://www.epm.com.co/site/documentos/mediosdecomunicacion/publicacionesimpresas/jepirachi/LibroJepirachienespanol.pdf>
- Hernández R, Fernández C, Batista P. (2014) Metodología de la investigación. México. Mc Graw Hill.
- IDEAM (25 de 10 del 2017) Atlas de viento de Colombia. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- Jianyu, Z., Jie, Z., Quan, C., Sang-Bing, T., Youzhi, X., Yubin, L., & Weiwei, D. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1169-1178.
- Juárez-Hernández S, León G. (2014). Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Revista Problemas del Desarrollo*, 178 (45) p 139-162.
- Méndez J, Cuervo R, ECA Instituto de tecnología y formación S.A.U. (2007). Energía solar Fotovoltaica. España. GRAFICA MARCA S.A.
- Ministerio de educación. (21 de 10 del 2017). Colombia una potencia en energías alternativas recuperado de <http://www.mineduccion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>.
- Ministerio del interior. (22 de 10 del 2017). Wayuu. Recuperado de [http://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/upload/SIIC/PueblosIndigenas/pueblo\\_way\\_u.pdf](http://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/upload/SIIC/PueblosIndigenas/pueblo_way_u.pdf)
- Mora A, Zavala A, Sánchez T, Salcedo-Muñoz V. (2017). Construcción hidroeléctrica “minas san francisco” en el sector Sara yunga – Ecuador: su impacto socio-económico. *INNOVA Research Journal*, Vol 2, No. 4, 132-147.
- Orduz O, Suarez J. (2011). Diseño y construcción de un generador eléctrico para un aerogenerador de baja potencia”M.A. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Santander-Colombia.
- Quintero J, Quintero L. (2015). Biomasa: métodos de producción, potencial energético y medio ambiente. *Medio ambiente. Revista*, 2(2), 28–44.
- Quispe A, Calderón J. (2015). Evaluación, aplicación, difusión y abastecimiento de un sistema de generación eólica. *Campus*. Vol 20(20). 57-68.
- Roldán J. (2013). ENERGÍA RENOVABLE lo que hay que saber. España. Ediciones Paraninfo.
- Watts D, Osés N, Perez R. (2016). Assessment of wind energy potential in Chile: A project-based regional wind supply function approach. *Renewable Energy* V 96(A). P 738-755.

Wayúu S.A. E.S.P., & ISAGEN S.A. E.S.P. (2008). Estudio de impacto ambiental. Proyecto Parque Eólico.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Raúl José Martelo Gómez, Docente Investigador- Grupo de Investigación Gimática- Ingesinfo Ingeniería de Sistemas - Universidad de Cartagena. [rmartelog1@unicartagena.edu.co](mailto:rmartelog1@unicartagena.edu.co)

Juan M. Jaramillo Beltrán, Estudiante de Ingeniería de Sistemas –Grupo de Investigación Ingesinfo. Universidad de Cartagena. [jmjaramillo@gmail.com](mailto:jmjaramillo@gmail.com)

Jesús Llerena Cabrera, Estudiante de Ingeniería de Sistemas –Grupo de Investigación Ingesinfo. Universidad de Cartagena. [Llerena040995@outlook.com](mailto:Llerena040995@outlook.com)

Renzo de Jesús Barrios Pájaro, Estudiante de Ingeniería de Sistemas –Grupo de Investigación Ingesinfo. Universidad de Cartagena. [renzo.barrios1407@gmail.com](mailto:renzo.barrios1407@gmail.com)

Deimer Antonio Romero Madera, Estudiante de Ingeniería de Sistemas –Grupo de Investigación Ingesinfo. Universidad de Cartagena. [deimerromeromadera@gmail.com](mailto:deimerromeromadera@gmail.com)



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# RECONOCIMIENTO DE FLORA EN ZONAS POTENCIALES DE RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA QUEBRADA CUNE DEL MUNICIPIO DE VILLETA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

RECOGNITION OF FLORA IN POTENTIAL WATER RECHARGE ZONES IN THE  
QUEBRADA CUNE MICRO-WATERSHED IN THE MUNICIPALITY OF VILLETA,  
DEPARTMENT OF CUNDINAMARCA.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# RECONOCIMIENTO DE FLORA EN ZONAS POTENCIALES DE RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA QUEBRADA CUNE DEL MUNICIPIO DE VILLETA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

## RECOGNITION OF FLORA IN POTENTIAL WATER RECHARGE ZONES IN THE QUEBRADA CUNE MICRO-WATERSHED IN THE MUNICIPALITY OF VILLETA, DEPARTMENT OF CUNDINAMARCA.

Lady Johanna Califa Montaña,  
Camilo A. Pérez Hincapié,  
Leonardo A. Torres Trujillo,  
Yudy Magaly Farfán Ríos.

### RESUMEN

Se identificaron zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca quebrada Cune, del municipio de Villeta-Cundinamarca, vinculando a las comunidades rurales a partir de talleres participativos y la evaluación de elementos biofísicos como la pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y uso del suelo. Posteriormente, se realizó el reconocimiento de flora aplicando el método propuesto por A. Gentry (1982). Los resultados indican que las comunidades reconocen la parte alta de la microcuenca en donde se ubica La reserva Forestal la Esmeralda como zona potencial de recarga hídrica, donde la evaluación de los elementos biofísicos como pendiente, cobertura vegetal, tipo de roca, uso del suelo y la cobertura vegetal permitió comprobar el potencial de recarga hídrica que tiene la reserva. La flora se encuentra compuesta por plantas vasculares silvestres localizada en bosques riparios y algunas especies endémicas y amenazadas, como el roble (*Quercus humboldtii*) acompañado de otras especies como amarillo (*Nectandra spp.*), tache (*Vochysia sp.*), cariseco (*Billia rosea*), carcomo (*Alchornea sp.*), yarumo (*Cecropia angustifolia*), sangregado (*Croton smithianus*), balso blanco (*Heliocarpus americanus*) y chiraco (*Toxicodendron striatum*). En el sotobosque hay diversas especies de palmas (e.g. *Geonoma undata*, *Prestoea acuminata*, *Chamaedorea pinnatifrons*). Las especies endémicas allí encontradas son el amarguero (*Ageratina popayanensis*), el platanillo (*Heliconia laxa*) y el hojarasco (*Magnolia caricifragrans*).

**Palabras clave:** Zonas potenciales de Recarga Hídrica, flora, microcuenca, reserva forestal, comunidades rurales.

## ABSTRACT

Potential areas of water recharge were identified in the Cune micro-basin stream of the municipality of Villeta-Cundinamarca, linking rural communities by participatory workshops and the evaluation of biophysical elements such as slope, soil type, vegetation cover and land use. Later, the flora recognition was performed applying the method proposed by A. Gentry (1982). The results indicate that the communities recognize the upper part of the micro-basin where the Esmeralda forest reserve is located as a potential water recharge zone, where the evaluation of biophysical elements such as slope, vegetation cover, rock type, land use and the vegetation cover allowed to verify the potential of water recharge that has the reserve. The flora is composed of wild vascular plants located in riparian forests and some endemic and threatened species, such as oak (*Quercus humboldtii*) accompanied by other species as yellow (*Nectandra* spp.), Tache (*Vochysia* sp.), Cariseco (*Billia rosea*), carcomo (*Alchornea* sp.), yarumo (*Cecropia angustifolia*), sangregado (*Croton smithianus*), balso blanco (*Heliocarpus americanus*) y chiraco (*Toxicodendron striatum*). There in the undergrowth are various species of palms (e.g. *Geonoma undata*, *Prestoea acuminata*, *Chamaedorea pinnatifrons*).

**Keywords:** Potential areas of Water Recharge, flora, micro-basin, forest reserve, rural communities

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para toda forma de vida existente en la tierra ya que de ella depende la vida misma, la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas conexos que suministran y renuevan el agua que necesita la humanidad. El ciclo hidrológico se ha alterado y deteriorado debido entre otras causas a la impermeabilización del suelo en las principales zonas de recarga hídrica (Matus et al 2009). Para mayor comprensión del tema entiéndase recarga hídrica como el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otro acuífero (Carrica et al. 2004).

La riqueza hídrica colombiana se manifiesta en una extensa red fluvial superficial que cubre el país; en unas condiciones favorables de almacenamiento de aguas subterráneas, estimadas en 140.879 kilómetros cúbicos, que equivalen a cerca de 70 veces el total de aguas superficiales del país, estimadas en 2.000 kilómetros cúbicos; en la existencia de cuerpos de agua lénticas, distribuidos en buena parte de la superficie del territorio nacional; y en la presencia de enormes extensiones de humedales (IDEAM, 1998).

En la actualidad el deterioro de las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes y reservorios, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes. El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas que favorecen la escorrentía. Esta situación está siendo causada por la intervención antrópica al desarrollar actividades agrícolas, pecuarias, industriales y expansión urbana, en sitios no apropiados (Faustino 2006).

El área de estudio es la micro cuenca Quebrada Cune que cuenta con una topografía de pendientes fuertes y en la parte alta presenta vegetación boscosa de protección, las cuales son características biofísicas importantes en la prestación de servicios eco sistémicos hidrológicos. En la parte baja de la vertiente se halla la bocatoma del acueducto municipal y unas cascadas o saltos proyectados para sitios turísticos.

Parte de la micro cuenca se considera un ecosistema estratégico por la prestación de bienes y servicios eco sistémicos hidrológicos como el abastecimiento de agua y la regulación hídrica al municipio de Villeta, sin embargo presenta varios de los grandes problemas que confronta estos ecosistemas estratégicos en el mundo y que se agravan cada vez más, no sólo por la falta de sensibilización y capacitación de los usuarios en los recursos naturales sino también por actividades humanas incompatibles con el uso del suelo y la acelerada expansión urbana que actúan de manera directa sobre la oferta del recurso hídrico, lo que asociado a cambios de uso del suelo, afectan los ecosistemas con graves consecuencias sobre su riqueza hidrológica y su productividad, afectando el uso sostenible de los recursos naturales renovables (PBOT, 2000).

Dada esta problemática, se vio la necesidad de realizar estudios de reconocimiento de flora en las zonas de recarga hídrica de la micro cuenca del área de estudio con participación de la comunidad, ya que la flora constituye un elemento importante para conocer el estado de un ecosistema al indicar el grado de intervención y transformación del medio por acción antrópica indicando la intensidad y tipo de manejo al cual fue sometido un ecosistema con el fin de contribuir a la conservación de la micro cuenca.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **Conceptos básicos**

#### **El concepto integral de Cuencas hidrográficas**

Las cuencas son consideradas como la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano, los recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente, con el agua como recurso que une e integrada sistémicamente la cuenca (Jimenez, 2013)

El proceso de ordenación de una cuenca debe ser concebido, en esencia, desde el enfoque sistémico dado que la cuenca hidrográfica se comporta como un conjunto real, complejo y abierto, el cual presenta interacciones, entre el subsistema biofísico (el suelo, el agua, la biodiversidad y el aire), así como en lo económico, social y cultural. Si bien estos tres últimos no tienen un limitante físico, dependen de la oferta, la calidad y disponibilidad de recursos naturales que soporta la cuenca hidrográfica (véase Figura 1) (Ospina et al., 2014)



**Figura 1.** Esquema que muestra la cuenca hidrográfica como un sistema integral



**Fuente:** Adaptado de IDEAM, 2004

Físicamente, la cuenca hidrográfica representa a un área natural de captación y concentración de agua superficial y subterránea y, por lo tanto, tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica. Al mismo tiempo, la cuenca hidrográfica y sobre todo el agua recolectada en la misma, representa una fuente de vida para la humanidad, sin embargo, también puede ser una fuente de peligro, cuando toman lugar los fenómenos naturales extremos asociados al agua o cuando es afectada por la contaminación (Dourojeanni 2001).

La cuenca se divide en subcuenca y microcuencas. El límite de la subcuenca está delimitado por la divisoria de agua de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o parte de ella (Ramakrishna 1997).

### **Manejo integrado de cuencas hidrográficas**

El manejo integrado de cuencas hidrográficas es el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socioambiental, integral, multi e interdisciplinario, multi e intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidrometeorológico. (Jiménez 2009).

El manejo integral de cuencas hidrográficas actúa bajo el contexto del enfoque ecosistémico, de ahí que en este proceso se requiera la aplicación e integración de las ciencias sociales y naturales. Asimismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto, el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. Un enfoque básico de manejo de cuencas es reducir la vulnerabilidad socioambiental por lo que sigue básicamente los siguientes principios (Jiménez 2009):

**La cuenca como sistema:** Un sistema tiene unos componentes, una estructura y una funcionalidad. Es una unidad funcional que depende de las interacciones de sus componentes. La cuenca es un sistema en el que interactúan en el tiempo y el espacio diferentes subsistemas. Dentro del sistema de la cuenca el agua es el eje integrador.

**Enfoque humano y socioambiental:** El ser humano, la familia, la población y sus organizaciones constituyen el componente central del manejo de cuencas; su participación real en la toma de decisiones es fundamental para lograr la gestión integrada de los recursos naturales y el ambiente.

**Reducción de la vulnerabilidad y el riesgo a desastres:** Políticas, ordenamiento territorial, manejo de los recursos naturales, educación, organización y prevención son la base para reducción de la vulnerabilidad y el riesgo a desastres causados por inundaciones, deslizamientos, sequías, avalanchas.

**La cuenca unidad de planificación e impactos:** La cuenca hidrográfica es la unidad de planificación, para la utilización, manejo y conservación de los recursos naturales y para la evaluación de los impactos de las intervenciones.

**Unidades de intervención múltiples:** La unidad de producción, las instituciones, las organizaciones, los marcos regulatorios, los decisores, los actores locales son unidades de intervención de la gestión de cuencas.

**Agua recurso integrador:** El agua es el recurso integrador de la cuenca: la red hídrica une e integra sistémicamente toda la cuenca

### **Zonas de Recarga hídrica**

Las zonas de recarga hídrica son áreas en donde ocurre el proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistemas de acuíferos en consideración (Custodio 1998).

El deterioro de las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes, zonas de recarga y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua para usos múltiples. El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas que favorecen la escorrentía. Esta situación está siendo causada por la intervención del ser humano para desarrollar actividades agrícolas,

industriales, extracción de leña, construcción de viviendas y actividades pecuarias, en sitios no apropiados (Faustino 2006).

Los fenómenos más importantes concernientes a los acuíferos desde el punto de vista de la hidrología son la recarga y descarga de ellos. Normalmente los acuíferos se van recargando de forma natural con la precipitación que se infiltra en el suelo y en las rocas. En el ciclo geológico normal el agua suele entrar al acuífero en las llamadas zonas de recarga, atraviesa muy lentamente el manto freático y acaba saliendo por las zonas de descarga, formando manantiales y fuentes que devuelven el agua a la superficie (Faustino 2006).

La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otro acuífero. Los métodos para estimarla son de variada naturaleza entre los que se destacan los balances hidrológicos, el seguimiento de trazadores ambientales o artificiales (químicos e isotópicos), las mediciones directas en piezómetros, la cuantificación del flujo subterráneo y las fórmulas empíricas entre los más comunes. Los resultados son inseguros debido a la incertidumbre de los componentes considerados en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semi-empírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración (Carrica et al 2004).

La descarga de un acuífero a un río es un fenómeno habitual como también es normal el contrario, la recarga de un acuífero por un río. Existiendo una relación acuífero-río-acuífero muy importante en la cual el sentido del flujo depende básicamente de los niveles de agua en el río y en el acuífero, así como de la geomorfología de la zona (Faustino 2006).

La cantidad de recarga de un acuífero depende en cierto modo de la extensión del área de entrada o de captación. De hecho, los acuíferos más productivos son los lechos permeables situados en áreas extensas. También la infiltración es mayor cuando en la zona de recarga o entrada se da, además de la precipitación local, el escurrimiento superficial de alguna área tributaria. Esto sucede principalmente en pendientes aluviales que reciben aguas superficiales provenientes de áreas montañosas con fuerte precipitación (INAB 2003).

Las áreas de mayor recarga son las que más interesa conservar, tanto en sus características físicas de permeabilidad, que afectan la magnitud de la recarga como en actividades que producen contaminación, que fácilmente se puede infiltrar al acuífero, afectando la calidad de sus aguas. Debido a que parte de la precipitación es de origen orográfico, las montañas y zonas altas, principalmente si su suelo y subsuelo son permeables, debido a su mayor constancia de precipitación son, por lo general, áreas de recarga importantes (Losilla 1986).

### **Clasificación de las zonas de recarga hídrica**

Faustino (2006), citado por Matus (2007) indica que de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en:

*Zonas de recarga hídrica superficial:* prácticamente es toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, esta es la que se humedece después de

cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (relieve del suelo y su saturación). La medición de este caudal se realiza en el cauce principal del río y se conoce como descarga superficial o caudal de escorrentía superficial.

*Zonas de recarga hídrica subsuperficial:* es la que corresponde a las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable, que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje. Es la ocurrencia de caudales en la red hídrica, aun cuando las lluvias hayan finalizado, también dependen de la cantidad de precipitación y el efecto “esponja” del suelo (libera lentamente el agua en su movimiento horizontal). Este caudal se mide igual que en el caso anterior y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas, cuando el agua proveniente es de bosques. En esta evaluación, cuando se determina la infiltración en el movimiento del agua en el suelo o subsuelo, el flujo horizontal corresponde a esta zona de recarga y el flujo vertical corresponde a la escorrentía subterránea.

Zonas de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos, y rocas permeables) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativa; esta es la que forma o alimenta los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (que viene de otra cuenca). Para la evaluación se pueden considerar dos métodos: directo (mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica), indirecto (mediante el balance hidrogeológico).

Zonas de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a zonas de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o cuando en el balance hidrogeológico se identifica una pérdida por percolación profunda. Generalmente coincide con las zonas de recarga subterránea.

## **Flora**

La caracterización de la flora es un aspecto esencial en el estudio de un ecosistema, ya que mediante esta se logran tipificar y delimitar los diferentes ecosistemas y hábitats, para posteriormente analizar información relativa al uso del suelo y transformación de ecosistemas por actividades humanas (Hernández, 2000).

En primer lugar, es necesario establecer la diferencia conceptual entre Flora y Vegetación. La vegetación se refiere a los aspectos cuantitativos de la arquitectura vegetal, es decir su distribución horizontal y vertical sobre la superficie, mientras que la flora corresponde a la definición cualitativa de esta arquitectura, referido a las especies componentes de ella. El objeto del estudio de la flora son las especies vegetales. La flora es el conjunto de especies presentes en un lugar o área dada. El objeto del estudio de la vegetación son las comunidades vegetales, su estructura y composición florística. Si el concepto de flora está bien definido, el concepto de comunidad vegetal también lo está por la estructura o modo en que las especies ocupan en el espacio disponible, así como por el aspecto o carácter propio que presenta el conjunto como componente de un paisaje (Hernández, 2000).

El concepto de comunidad vegetal se entenderá como un conjunto de plantas de una o más especies vegetales que coexisten en una cierta área. Cuando la comunidad en cuestión tiene especies dominantes características que pueden ser usadas para diferenciarla de otras comunidades vegetales, se puede utilizar el concepto de comunidad-

tipo, que es sinónimo de asociación vegetal. Por supuesto, es necesario distinguir entre comunidades naturales y alteradas (Hernández, 2000).

De acuerdo a la definición adoptada por Gajardo (1994), formación Vegetal corresponde a una agrupación de una o más comunidades vegetales que pueden ser delimitadas en la naturaleza en función de las formas de vida dominantes y del modo en que éstas ocupan el espacio.

Se entiende como cobertura vegetal al porcentaje del suelo ocupado por comunidades vegetales permanentes debido a que es un factor que influye en la infiltración del agua, ya que permite un mayor contacto con el suelo, disminuye la velocidad de la escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequedad causada por la radiación solar. Todo esto contribuye a conservar las características del suelo que favorecen la recarga hídrica. La cobertura vegetal puede facilitar la infiltración del agua aún en suelos duros y arcillosos (Matius, Faustino & Jiménez, 2009).

Así, la presencia de varios estratos de cobertura vegetal favorece la recarga hídrica y ayuda a conservar las características del suelo que también favorecen la recarga. Al hablar de estratos se consideran básicamente tres: los árboles, los arbustos y las hierbas. Todos ellos garantizan una mejor cubierta vegetal, mayor cantidad de materia orgánica, mayor retención del agua y mayor infiltración (Matius, Faustino & Jiménez, 2009).

Adicionalmente el uso del suelo es el elemento más cambiante y con mayor influencia de la actividad humana. Un uso inadecuado del suelo puede disminuir la recarga del acuífero hasta en un 50%; a la vez, hace que aumenten los riesgos naturales y la pérdida de suelo por erosión hídrica o eólica (FORGAES sf). Con este elemento metodológico se busca establecer el grado en el que una determinada actividad o cambio de uso del suelo influye en el deterioro de las características del suelo, en la erosión y compactación y en la reducción de la capacidad de infiltración y de recarga hídrica (Matius, Faustino & Jiménez, 2009).

Es necesario encontrar los usos que, por sus características, favorecen la infiltración del agua, como los sistemas silvopastoriles y agroforestales, el uso e incorporación de materia orgánica, o los asociados de cultivos.

Además, hay que reconocer aquellos cultivos que afectan las características de suelo, dificultan la infiltración y favorecen la evaporación, la compactación y el escurrimiento superficial del agua, como la agricultura intensiva sin obras de conservación, la ganadería extensiva, la labranza convencional, o el uso de maquinaria agrícola.

La evaluación de los usos del suelo se puede realizar mediante un recorrido en el campo con la participación de los diferentes actores locales para levantar la lista de los usos que se dan en la zona potencial (Matius, Faustino & Jimenez, 2009).

## METODOLOGÍA

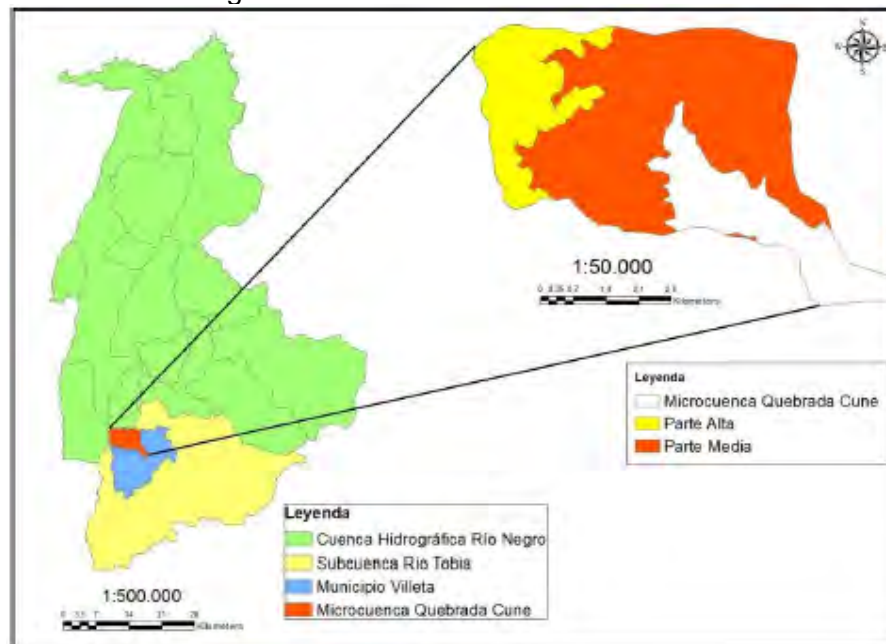
### Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la parte alta de la micro cuenca quebrada Cune del municipio donde se localiza La Reserva Forestal La Esmeralda municipio de Villeta del departamento Cundinamarca (ver Figura 2). La micro cuenca hace parte del área hidrográfica Magdalena Cauca, zona hidrográfica Medio Magdalena, subcuenca Río Tobia, cuenca del Río Negro y cuenta con un área total de 2.969 Ha representado el 20,43% del área municipal.

La micro cuenca está conformada desde el punto de vista político administrativo por las veredas Cune, San Isidro, Salitre Blanco, Ladera norte de Quebrada Honda, la parte norte de la Masata y La Esmeralda (PBOT Villeta, 2000). Se halla en un rango altitudinal comprendido entre los 800 m.s.n.m y 2.000 m.s.n.m, con temperaturas medias entre 18 C° y 25 C°. Además, el patrón anual de lluvia fluctúa entre 1000 y 2000 mm, presentándose según los registros mensuales multianuales, valores máximos de 200,5 mm y mínimos de 35,7.

La reserva forestal la Esmeralda es un fragmento de bosque natural denso remanente que sobresale por su gran extensión, corresponde principalmente a un bosque maduro perturbado con diferentes grados de intervención ya que en su periferia se presentan agro ecosistemas caracterizados por fincas con cultivos de café, frutales y actividad ganadera.

**FIGURA 2.** Ubicación general del estudio. Fuente: Universidad de la Salle 2015



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Capacitación y participación de los diferentes actores locales**

Se realizaron talleres de sensibilización y Participación comunitaria con las comunidades rurales en temas relacionados al manejo integrado de cuencas y del recurso hídrico mediante Herramientas Educativas de la CAR y la metodología WET de la UNESCO (Ver figura 3). Por otra parte, se desarrollaron entrevistas estructuradas, semiestructuradas y cartografía social según herramientas metodológicas (Geilfus, 2002) a las personas que viven dentro de las veredas y hacen parte de la microcuenca con el fin de identificar y ubicar las fuentes hídricas de mayor importancia para ellas.

**FIGURA 3.** Capacitación a actores locales



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Evaluación de las zonas de recarga hídrica**

Según las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas por las comunidades o principales actores rurales, se procedió a evaluarlas a partir de los siguientes elementos biofísicos: pendiente, tipo de roca, uso del suelo, cobertura vegetal y tipo del suelo. A su vez se tuvo en cuenta la capacidad de infiltración del suelo. La ponderación a usar en cada elemento va de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo en capacidad de recarga hídrica según la metodología propuesta por Matus y Faustino (2009).

#### **Tipo de suelo**

Se tomaron 15 muestras de suelo, en dos tipos de ecosistemas hallados en la Reserva Forestal La Esmeralda, el bosque natural denso y bosque intervenido (potreros), entre punto y punto de recolección se hizo un recorrido de 15 pasos en forma de zigzag (Ver figura siguiente). Para la recolección de la muestra, se limpió el área con el fin de eliminar la cobertura vegetal u hojarasca que llegara a modificar los resultados, consecutivamente se hizo un hoyo en forma de V del ancho del palín, 50 – 100 centímetros de profundidad; Se cortó una porción de 1,5 cm de la pared del hoyo de toda la profundidad, cada muestra de una libra aproximadamente se mezcló de forma homogénea en un balde para la prueba al tacto.

**FIGURA 4.** Recolección muestra de suelo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Capacidad de Infiltración del suelo**

La capacidad de infiltración del suelo se midió a través del uso del infiltrómetro o anillo simple (Ver figura siguiente). Se evaluaron 4 puntos de infiltración uno en cada tipo de ecosistema. Para esto se limpió previamente el lugar donde se instaló el cilindro, con el fin de evitar alteraciones en la pruebas, se enterró el anillo aproximadamente a 10 cm en el lugar seleccionado. Posteriormente haciendo uso de la regla ubicada verticalmente en el interior del anillo se midió el nivel del agua, cuyo tiempo de descenso fue cronometrado cada minuto, hasta que por lo menos 4 mediciones consecutivas fueron iguales o muy parecidas.

**FIGURA 5.** Capacidad de infiltración.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.



**FIGURA 6.** Medición de la pendiente.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Determinación de la pendiente**

Para el análisis de este criterio relacionado con la escorrentía superficial, se usó un método práctico y de fácil aplicación en campo como el agronivel y el inclinómetro este último más preciso y técnico (Ver figura anterior).

### **Cobertura Vegetal y uso del suelo**

Para evaluar la cobertura vegetal se hicieron recorridos en campo con la participación de los diferentes actores locales con el fin de determinar los diferentes usos permanentes del suelo y los estratos presentes (Ver figura siguiente).

**FIGURA 7.** Reconocimiento de coberturas y uso del suelo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## Reconocimiento de Flora

### Muestreo de especies leñosas (CAP)

Para el reconocimiento de la flora se aplicó la metodología propuesta por Gentry (1982) en donde se diseñaron cuatro transeptos de 500 m<sup>2</sup>, tres en el área de bosque no intervenido (transepto 1,2,3) y uno en bosque intervenido o potrero (transepto 4), distribuidos al azar y subdivididos en subparcelas de 10 mts para un total de cinco subparcelas por transepto.

Establecidos los transeptos se realizó la medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) de los individuos que tuvieran un CAP mayor o igual a 3 cm (Ver figura 7). En libretas de campo se consignaban datos referentes al número de transepto, subparcela, hábito de crecimiento, nombre del colector y fecha. En campo se realizaron prensas botánicas, usando láminas de papel corrugado de 60 X 60 cm y papel periódico, para ello se entrelazo la muestra anteriormente podada entre el cartón y el papel, rociándola con una solución de alcohol al 75%, esto con el fin de prolongar su conservación e identificarlos en el laboratorio (Ver figura 8).

**FIGURA 8.** Medición de C.A.P



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**FIGURA 9.** Prensa botánica en campo



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## RESULTADOS

De acuerdo a la evaluación en campo y a la metodología propuesta por Matus et al, (2009) de la Pendiente, microrelieve, tipo de suelo y cobertura, uso del suelo y capacidad de infiltración, en los dos tipos de ecosistemas Bosque denso natural y potrero muestreados en la reserva Forestal la Esmeralda, se obtuvieron los siguientes resultados. En la tabla 1 se presentan los resultados del proceso de evaluación de la pendiente y la forma de microrelieve en los distintos sitios establecidos dentro de la microcuenca.

**Tabla 1.** Evaluación de la pendiente y microrelieve

Sitio	Micro-relieve	Pendiente	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque denso natural	66%	Fuertemente Escarpado	Muy baja	1
Potrero	63%	Escarpado	Bajo	2

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la tabla anterior se puede apreciar que, al evaluar la pendiente, de las zonas identificadas como potenciales para recarga tienen microrelieves fuertemente escarpados (zonas I) y escarpados (zonas II), con un rango que oscila entre 63 a 66%, obteniendo las zonas ponderación de 1 y 2. En la Tabla 2, se presentan los resultados del proceso de evaluación del tipo de textura de cada suelo.

**Tabla 2.** Evaluación del tipo de suelo por cada sitio.

Sitio	Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque denso natural	Franco arenosos	Muy Alta	5
Potrero	Arenosos	Alta	4

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tomando como referencia la tabla anterior y realizando la evaluación del tipo de textura y la posibilidad de recarga para cada una de las zonas, se encuentra que para el bosque denso natural y el potrero la cual esta provista de suelos francos arenosos a arenosos, con una posibilidad de recarga alta a muy alta, permite altas tasas de infiltración.

De acuerdo a la capacidad de infiltración, en la tabla 3 se muestran los resultados, donde se obtuvo que la mayoría de los sitios evaluados presentan rápida capacidad de infiltración, excepto en una zona del bosque denso natural, lo que es una buena señal del potencial de

los suelos para que ocurra la recarga en los lugares evaluados.

En la evaluación de tipo de roca se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 3.** Capacidad de infiltración

Área	Promedio de infiltración cm/h	Clase de permeabilidad
B. Denso natural	32	Mayor de 25- muy rápida
B. Denso natural	36	Mayor de 25- muy rápida
B. Denso natural	0.58	Moderadamente lenta
Potrero	1500	Mayor de 25- muy rápida

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla 4.** Evaluación Tipo de Roca

Sitio	Cobertura vegetal permanente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque denso natural	>80	Muy alta	3
Potrero	50-70	Moderada	3

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

La Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio, se presenta en la siguiente tabla 5.

**Tabla 5.** Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio.

Sitio	Tipo de Roca	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque denso natural	Rocas moderadamente permeables	Moderada	3
Potrero	Rocas moderadamente permeables	Moderada	3

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la tabla siguiente se presentan los resultados del proceso de evaluación de los usos del suelo en las diferentes zonas identificadas y evaluadas.

**Tabla 6.** Clasificación de uso del suelo.

<b>Sitio</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Posibilidad de recarga</b>	<b>Ponderación</b>
Bosque denso natural	Bosques con tres estratos con árboles, arbustos y hierbas.	Muy alta	5
Potrero	Sistema agroforestal o silvopastoriles.	Alta	4

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### **Determinación de las zonas potenciales de recarga**

Luego de evaluar y ponderar cada elemento biofísico, se aplicó la ecuación o el modelo propuesto para determinar la posibilidad de recarga para cada sitio identificado y evaluado por los actores locales de cada comunidad según la ponderación realizada para cada elemento.

$$ZR = [0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$$

Donde:

*ZR*: Potencial de recarga hídrica

*Pend*: Pendiente y microrrelieve

*TS*: Tipo de suelo

*TR*: Tipo de roca

*CVE*: Cobertura vegetal permanente

*US*: Usos del suelo

Aplicando la ecuación, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 7.** Clasificación de uso del suelo.

<b>Sitio</b>	<b>Potencial de recarga hídrica</b>	<b>Posibilidad de recarga</b>
Bosque denso natural	4,53	Muy Alta
Potrero	3,96	Alta

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De acuerdo con lo anterior, se establece que según el conocimiento local de los actores campesinos en cuanto a la percepción de áreas con un gran potencial de recarga hídrica y la evaluación técnica de variables biofísicas coincide con ser áreas de recarga hídrica de gran importancia en la microcuenca.

## Análisis de flora:

En cuanto al CAP de las especies arbóreas ubicadas en los respectivos transectos, se logró incursionar hasta al nivel de área basal propuesta por la metodología, la continuación de la misma en futuros estudios consta de determinar los de atributos frecuencia, dominancia y abundancia avanzando inclusive a nivel de índice de valor de importancia (I.V.I).

A través de prensas botánicas realizadas, se realizó la identificación taxonómica en laboratorio a partir de la morfología. Las especies identificadas fueron:

**Tabla 8.** Identificación de especies

<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre científico</b>
Especie 1	Roble Colombiano	<i>Quercus humboldtii</i>
Especie 2	Amarillo	<i>Nectandra spp.</i>
Especie 3	Tache	<i>Vochysia sp</i>
Especie 4	Carcomo	<i>Alchornea sp</i>
Especie 5	Yarumo	<i>Cecropia angustifolia</i>
Especie 6	Sangregado	<i>Croton smithianus</i>
Especie 7	Balso blanco	<i>Heliocarpus americanus</i>
Especie 8	Chiraco	<i>Toxicodendron striatum</i>
Especie 9	Palmas	<i>Geonoma undata</i>
Especie 10		<i>Prestoea acuminata</i>
Especie 11		<i>Chamaedorea pinnatifron</i>
Especie 10	Platanillo	<i>Heliconia laxa</i>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se lograron identificar 10 especies en su totalidad nativas, algunas de estas como el Amarillo (*Ocotea sp*), Cariseco (*Billia Rosea*) cuya madera suele ser empelada en ebanistería y pisos industriales, Yarumo (*Cecropia angustifolia*), balso blanco (*heliocarpusel americanus*) sobre explotado en la zona por su uso como mucilago para aclarar el jugo de caña en los trapiches, Roble colombiano (*Quercus humboldtii*) clasificado en estado de conservación (VU) por la (UICN), al igual que el Palmicho (*genoma undata*) categorizada como casi amenazado (NT). Esta diversidad de especies nativas, algunas en estado de amenaza, además de la estratificación observada, corrobora lo estudiado en la literatura, comprobando la poca intervención de la reserva.

## CONCLUSIÓN

La implementación de talleres participativos y la valoración técnica permiten tener un conocimiento y acercamiento respecto a las áreas de mayor importancia ecológica en esta caso la recarga hídrica, permitiendo una participación interactiva de los diferentes actores campesinos, y que sean ellos los que tomen la iniciativa en la identificación de las zonas de recarga hídrica, así como en la gestión y manejo de los recursos hídricos, es decir, que sean ellos mismos los agentes de cambio dentro de su comunidad, con miras al empoderamiento y el auto desarrollo comunitario.

De acuerdo a las características físico-bióticas de la reserva forestal la Esmeralda se determina que estas zonas son de alta recarga hídrica, además la vegetación corresponde a bosque Andino, la cual es importante en la formación de microclimas, la evapotranspiración y la recarga hídrica.

En los alrededores de la reserva se evidencian agroecosistemas considerados como potreros o bosque intervenido, donde la recarga hídrica es alta.

En la reserva forestal aún se puede encontrar vegetación correspondiente a bosque primario. Aunque la posibilidad de recarga del bosque natural denso es muy baja en cuanto al criterio de pendiente, esta es compensada por la abundante vegetación y alta posibilidad de infiltración. Dadas las características del área de estudio los lineamientos para el manejo de la parte alta de la microcuenca deben orientarse a la conservación y protección de las zonas con mayor recarga hídrica.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Centro de desarrollo agroindustrial y empresarial CDAE Villeta y al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, por las bases y colaboración brindada en el desarrollo de este estudio. De igual manera al señor Álvaro Enciso Prieto en su momento subdirector del C.D.A.E Villeta, la Señora Consuelo Quiroga líder SENNOVA por su amplio interés y apoyo, al señor Rafael Martínez un gran líder ambiental que ampliamente interesado nos permitió desarrollar parte de esta investigación en su propiedad, agradecemos a todo el semillero de investigación por su perseverancia y esfuerzo en los arduos trabajos de campo, finalmente a todas las personas que nos brindaron información y a aquellos que amablemente nos transportaron a las diferentes partes de área de estudio.

## **REFERENCIAS**

- Carrica, J. C; Lexow, C. 2004. Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59 (2): 281-290.
- GENTRY, A. H. 1982. Patterns of Neotropical plant diversity. Evolutionary Biology 15: 1-84.
- Geilfus, F. 2002. 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. San José, Costa Rica. 217 p.
- Matus, O; Faustino, J; & Jiménez O. Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga Hídrica. Aplicación práctica en la Subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. (2009). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza División de Investigación y Desarrollo Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Boletín técnico no. 38. 21 p.

- Plan básico de ordenamiento Territorial -PBOT- del municipio de Villeta de San Miguel. Acuerdo 033 de 2000. Alcaldía municipal de Villeta.
- Sánchez, j. g. p., Castro, f. a. b., Cárdenas, e. á., y Acero, e. m. 2000. PBOT, volumen II. Departamento de Cundinamarca municipio de Villeta de San Miguel.
- Cifuentes, O., Araque T. C., y Pérez R. D. 2015. Estudio comparativo de la asignación del recurso hídrico para la microcuenca de la quebrada Cune mediante el uso del modelo water evaluation and planning system (WEAP). Bogotá D.C. Universidad de la Salle facultad de ingeniería programa de ingeniería ambiental y sanitaria.
- Faustino, J. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, SV, CATIE. 113 p.
- Faustino, J. 2006(b). Manejo de Cuencas II. Documento base. Turrialba, CR. CATIE. 218 p.
- Faustino, J. Jiménez, F. Campos, J. J. 2006. La cogestión de cuencas hidrográficas en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 34 p.
- Faustino, J; Rivas, J.A; Quintanilla, R; Casares, F. 2009. Marco referencial de cuencas proyecto mi cuenca El Salvador cosechando agua para la vida. El Salvador, SV, CRS /CARE/UICN/Caritas. p.irr.
- Mahecha, A. J., Bermúdez, L. S., y Pérez R. D. 2015. Simulación de la pérdida de suelo de la parte alta y media de la microcuenca quebrada cune utilizando el modelo usle. Bogotá D.C. Universidad de la Salle facultad de ingeniería programa de ingeniería ambiental y sanitaria.



## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

### **Lady Johanna Califa Montaña**

Bióloga, especialista en Ambiente y Desarrollo Local y estudiante de Maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad de la Pontificia Universidad Javeriana con experiencia docente de diez años y habilidad intelectual y pedagógica para impartir Formación Profesional Integral en el área de las ciencias ambientales, analizando y profundizando en la gestión ambiental en un contexto regional y local enmarcado en políticas de conservación, restauración, manejo sostenible y uso actual y/o potencial de los recursos naturales, contribuyendo a la comprensión de las problemáticas socio-ecológicas con una visión holística. Experiencia en investigación de cinco años en proyectos de investigación aplicada con la Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Nacional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA. Participación como par evaluador en proyectos ambientales de La Red Colombiana de Semilleros de Investigación, RedCOLSI. Actualmente líder del Semillero de Investigación Grupo Ecológico en el Manejo de los Recursos Naturales ECONARE del Grupo de Investigación, Innovación y Desarrollo Sostenible GIIAPS del Centro de Desarrollo Agroindustrial y Empresarial -CDAE-.

### **Camilo A. Pérez Hincapié**

Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales. Investigador del Semillero de Investigación Grupo Ecológico en el Manejo de los Recursos Naturales ECONARE

### **Leonardo A. Torres Trujillo**

Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales. Investigador del Semillero de Investigación Grupo Ecológico en el Manejo de los Recursos Naturales ECONARE

### **Yudy Magaly Farfán Ríos**

Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales. Investigador del Semillero de Investigación Grupo Ecológico en el Manejo de los Recursos Naturales ECONARE



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN: 2590-5481

# BIODIGESTIÓN ANAEROBIA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE LEÑA EN LAS ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE FONSECA, LA GUAJIRA

ANAEROBIC BIODIGESTION AS AN ENERGY ALTERNATIVE  
TO REDUCE THE CONSUMPTION OF FIREWOOD IN RURAL  
AREAS OF THE MUNICIPALITY OF FONSECA, LA GUAJIRA



# **BIODIGESTIÓN ANAEROBIA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE LEÑA EN LAS ZONAS RURALES DEL MUNICIPIO DE FONSECA, LA GUAJIRA**

## **ANAEROBIC BIODIGESTION AS AN ENERGY ALTERNATIVE TO REDUCE THE CONSUMPTION OF FIREWOOD IN RURAL AREAS OF THE MUNICIPALITY OF FONSECA, LA GUAJIRA**

Carla Patricia Ariza,  
Luis Ángel Rueda Toncel,  
Jainer Sardoth Blanchar,  
Universidad de La Guajira

### **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la producción de biogás como fuente de energía alternativa para reemplazar el consumo de leña en las zonas rurales del municipio de Fonseca, a través de la biodigestión anaerobia de una mezcla de estiércol de ganado bovino y residuos orgánicos en proporciones de mezcla 1:1, 1:2 y 1:3. Se basó en el diseño cuasi-experimental y se utilizaron 4 biodigestores de 20l; se realizaron 30 experimentos con 6 tratamientos diferentes en los que se varió la proporción de mezcla de los materiales. Luego con un medidor de gas se procedió a medir la cantidad de gas generado. Se estimó un tiempo de retención de 20 días. Los resultados mas significativos demuestran que el tratamiento T1 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1) reportó un promedio de producción de biogás 247.4 litros. El tratamiento T2 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3) el promedio fue de 234.4 litros. La mayor cantidad de biogás producido corresponde al tratamiento T1, lo que indica que a menor dilución del estiércol y mayor cantidad de materia orgánica en los residuos (es decir más frescos), se obtienen mejores resultados.

**Palabras clave:** Biomasa, Biogás, Energía Alternativa, Biodigestor, Biodigestión anaerobia.

### **ABSTRACT**

The present research aims to evaluate biogas production as an alternative energy source to replace fuelwood consumption in the rural areas of the municipality of Fonseca, through the anaerobic biodigestion of a mixture of cattle manure and organic residues in proportions of mixing 1: 1, 1: 2 and 1: 3. It was based on the quasi-experimental design and 4 biodigesters of 20l were used; 30 experiments were carried out with 6 different treatments in which the mixing ratio of the materials was varied. Then with a gas meter the amount of gas generated was measured. A retention time of 20 days was estimated. The most

significant results show that T1 treatment (mixture of fresh organic waste and bovine manure in a 1: 1 ratio) reported an average biogas production of 247.4 liters. Treatment T2 (mixture of fresh organic waste and bovine manure in a ratio of 1: 3) the average was 234.4 liters. The greatest amount of biogas produced corresponds to the T1 treatment, which indicates that the lower dilution of manure and greater amount of organic matter in the waste (ie fresher) results in better results.

**Keywords:** Biomass, Biogas, Alternative Energy, Biodigester, Anaerobic Biodigestion.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo existen más de tres billones de personas que cocinan con combustibles sólidos en fogones tradicionales y que están expuestas a humos contaminantes. Estos humos pueden producir infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC), enfermedades broncopulmonares, cáncer de pulmón, enfermedades en la piel y dilatación cardiaca; generando pérdidas humanas en tan solo días de enfermedad, elevando los presupuestos gubernamentales en salud y ocasionando la muerte de 1.6 millones de personas al año, principalmente niños y mujeres (OMS, 2007).

El consumo de leña es la principal fuente de energía para las actividades domésticas en las zonas rurales. Generalmente, el uso de esta no se hace de forma sostenible, contribuyendo a la deforestación de grandes áreas, ocasionando problemas de erosión, lo que trae como consecuencias inmediatas la alteración de los ecosistemas y pérdida de hábitats (Fernández, 2010). En Colombia la leña constituye un elemento básico para la cocción de alimentos en las zonas rurales, el promedio de kilogramos de leña para cocción diaria de alimentos varía así: 19,35 kg/día para estufas abiertas, 25.87kg/día para estufas de plancha sin chimenea y 29.48 kg/día para estufas con plancha y chimenea. El promedio ponderado fue de 21.47 kg/día de consumo, en una población aproximada 992.658 hogares que utilizan leña como combustible de forma exclusiva.

De acuerdo con datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), alrededor del 35% de la población en América Central carece de acceso a la electricidad y sigue utilizando leña y otros combustibles tradicionales para fines de calefacción y cocción de alimentos. La mayoría de las viviendas que no tienen acceso a electricidad se encuentran ubicadas en las áreas rurales en donde la inversión en infraestructura eléctrica sería alta, dada la cantidad de habitantes y la dispersión de las viviendas (Barragán, 2011).

A pesar de la importancia del bosque como proveedor de leña, se ha trabajado muy poco en alternativas para su manejo y uso eficiente, particularmente desde el punto de vista ambiental. Los esfuerzos gubernamentales han sido escasos y aislados, y actualmente no existe algún programa que oficialmente esté atendiendo la regulación de la continua explotación del recurso forestal para leña (Escobar-Ocampo, M. C., Niños-Cruz, J. Á., Ramírez-Marcial, N., y Yépez-Pacheco, 2010).

La actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la producción y conversión de residuos animales y vegetales (biomasa) en distintas formas de energía. Durante la digestión anaeróbica de la biomasa, mediante una serie de reacciones bioquímicas, se genera el biogás, el cual, está constituido principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este biogás puede ser capturado y usado como combustible y/o electricidad. De esta forma, la digestión anaerobia, como método de tratamiento de residuos, permite disminuir la cantidad de materia orgánica contaminante, estabilizándola (bioabonos) y al mismo tiempo, producir energía gaseosa (biogás) (Varnero, 2011).

El proceso de biodigestión anaerobia destaca por su importancia para la producción de biogás, rico en metano el cual puede utilizarse directamente en quemadores para hornos, estufas, alimentación de motores de combustión interna o in-directamente para la producción de electricidad (Hiler, E. A., & Stout, 1985).

Las experiencias en producción de biogás se desarrollan básicamente utilizando las estiércol de bovinos y porcinos, pero muy pocas experiencias reportan con la utilización de residuos orgánicos. Utilizar residuos orgánicos producidos por las misma comunidad, contribuye a la reducción de los niveles de contaminación por manejo inadecuado de residuos. Si consideramos además, que el estiércol bovino, libera gases contaminantes como metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) que contribuyen en gran manera al proceso de cambio climático, pensar en la producción de biogás a partir de estos materiales, se convierte en una fuente sostenible de generación de energía para cubrir las necesidades de las zonas rurales y disminuir la tala y la deforestación y todas las problemáticas que ésta acarrea.

La superficie del territorio rural del municipio de Fonseca, La Guajira abarca un total de 391.19 Km<sup>2</sup> que corresponde a 1380 viviendas rurales de una población proporcionada en 29305 habitantes (DANE, 2010). Estas zonas rurales del municipio de Fonseca, no se cuentan con sistema de suministro de gas natural y en su mayoría no hay acceso al gas propano. Lo que obliga a la población a utilizar leña como medio de cocción de alimentos y otras actividades. En este sentido es importante encontrar alternativas que permita obtener nuevas formas de energía, como lo es el biogás a partir de estiércol bovino y los residuos orgánicos, consideradas en este caso productos innovadores para llegar a tal fin, de esta manera el biogás resultante de dicha mezcla proporcionaría una opción acertada para contrarrestar el uso de la leña.

El objetivo principal de este trabajo es la evaluación del potencial de producción de biogás a través de la biodigestion aneoriba de residuos orgánicos y estiércol bovino como alternativa energética para reducir el consumo de leña en la vereda "El Puy", perteneciente a la zona rural del municipio de Fonseca, lo que implicó desde el montaje de los biodigestores, la implementación de variables en el tratamiento de la materia prima, hasta el logro de resultados óptimos que respaldaron las hipótesis planteadas.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Se considera biomasa a la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales (Cerdá, 2012).

Se denomina estiércol es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. Este además de contener heces y orines puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son material orgánico que constituyen las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene aserrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del ganado, así como agua procedente de los bebederos, de la limpieza de los establos o de agua lluvia, y todo tipo de materiales que puedan entrar en un establo.

Todos los residuos orgánicos (basura de cocina, restos vegetales y animales, excrementos, entre otros) son adecuados para ser fermentados anaeróbicamente (en ausencia de oxígeno). Las bacterias van consumiendo así el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce una combinación de gases formado por un 70 % de metano, 20 % de anhídrido carbónico, un poco de monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso. La materia prima se mezcla en partes iguales con agua, se carga el biodigestor con la mezcla y de esta manera comienza el proceso. Al pasar un tiempo determinado, empiezan a producirse gases como producto de la digestión. Estos gases se van acumulando en el digestor, y su presencia y presión se registran mediante un manómetro (Magaña, J. L., Torres, E., Martínez, M. T., Sandoval Juárez, C., y Hernández Cantero, 2006).

La digestión anaerobia es un proceso biológico que se lleva a cabo dentro de tanques herméticos llamados biodigestores, donde la materia orgánica es tratada biológicamente por acción de microorganismos. En una parte del tanque se da la fermentación y otro sector que sirve de depósito se almacena el gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante. En el caso del biodigestor de polietileno, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se colecta el gas (Herrero, 2008).

Un biodigestor es un depósito que permite la fermentación de la materia orgánica de manera anaerobia produciendo biogás y estabilizando la materia procesada biológicamente; tiene varias zonas, a saber: a) zona de retención de materia orgánica; b) zona de almacenamiento del biogás generado; c) zonas de cargue y descargue

De acuerdo a la frecuencia de cargado, los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en (CEDECAP, 2007):

- Discontinuo: se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Este sistema es aplicable cuando la materia a procesar está disponible en forma intermitente.
- Semicontínuos: Es el tipo de digestor más usado en el medio rural, cuando se trata de digestores pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares son el hindú y el

chino. Poseen el gasómetro integrado al sistema y se construyen totalmente enterrados. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación.

- Continuos: Este tipo de digestores se desarrollan principalmente para tratamiento de aguas residuales. En general son plantas muy grandes, en las cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionarles calefacción, agitación, así como para su control.

El proceso de digestión y su eficiencia están determinados por los siguientes factores:

- La temperatura influye directamente sobre la velocidad de generación de biogás en los biodigestores (Hartz, K & Klink, 1981).

- El tiempo de retención, o el número de días que determinada cantidad de desechos debe permanecer dentro del digestor. Este factor está correlacionado con la temperatura ambiente promedia del sitio; cuando ésta es alta se puede aplicar un tiempo de retención corto, y cuando es baja se requerirán tiempos de retención más largos (López, 2003).

- El pH en los biodigestores está en función de la concentración de bióxido de carbono en el gas y de ácidos volátiles, y de la propia alcalinidad o acidez de la materia prima. Las bacterias involucradas en el proceso son altamente sensibles a cambios en el pH. La franja de operación está entre 6 y 8, teniendo como punto óptimo un pH de 7 (House, 1978).

El biogás es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia (sin presencia de oxígeno) de la fracción orgánica de los residuos. Está compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además de otros gases en cantidades menores. Cuando los desechos orgánicos inician el proceso químico de fermentación, liberan una cantidad de gases llamados biogás. Con tecnologías apropiadas, el biogás se puede transformar en otros tipos de energía, como calor, electricidad o energía mecánica (Cerdá, 2012).

## **METODOLOGÍA**

Esta investigación se basó en el diseño cuasi-experimental, ya que este permite manipular deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes (Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., y Pérez, 1998).

Para la obtención del biogás se utilizaron 4 biodigestores de polietileno con tapa de rosca de 20 litros de capacidad, acondicionados con tubería y accesorios en PVC de ½", de tal forma que se pudiera realizar fácilmente la evacuación del biogás al medidor y posteriormente al reservorio. El reservorio fue elaborado con polietileno.

Los residuos orgánicos y el estiércol bovino utilizados para las cargas del biodigestor, son provenientes de las actividades domésticas y agropecuarias, de los habitantes de la zona de estudio. La materia vegetal se procesó y trituró en picapasto.

Las variables a tener en cuenta fueron: producción de biogás, temperatura y tiempo de retención.

Se realizaron 30 experimentos con 6 tratamientos diferentes en los que se varió la proporción de mezcla de los materiales (ver tabla 1). Luego con un medidor de gas se procedió a medir la cantidad de gas generado. A la tubería del reservorio se le adicionaron virutas de aluminio, con el fin de disminuir la cantidad de H<sub>2</sub>S generado y así evitar daños en la estufa de dos hornillas. Se estimó un tiempo de retención de 20 días.

**Tabla 1:** Tratamientos y número de experimentos.

TRATAMIENTOS	Residuos	Estiércol Bovino	Relación estiércol-agua	Numero de experimentos
<b>T1</b> Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1	15 kg de residuos orgánicos frescos	15 kg de Estiércol	15 litros de agua	5
<b>T2</b> Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3	15 kg de residuos orgánicos frescos	15 kg de Estiércol	45 litros de agua	5
<b>T3</b> Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1	7 kg de residuos orgánicos frescos	7 kg de Estiércol	7 litros de agua	5
<b>T4</b> Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3	7 kg de residuos orgánicos frescos	7 kg de Estiércol	21 litros de agua	5
<b>T5</b> Residuos orgánicos frescos 1:2	6 kg de residuos orgánicos frescos		12 litros de agua	5
<b>T6</b> Estiércol bovino 1:2		15 kg de Estiércol	30 litros de agua	5

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La técnica de recolección de datos utilizada fue la observación asistida y se emplearon instrumentos de registro como la guía de observación, instrumentos de medición como el medidor de biogás, un termómetro digital infrarrojo industrial para medir la temperatura interna de cada biodigestor, una estufa a gas de dos hornillas marca HACEB, para la combustión del gas.

Finalmente se procedió a comparar la cantidad de biogás producido en cada uno de los tratamientos, y se analizó la cantidad de leña utilizada por vivienda en la zona rural del municipio de Fonseca, para poder establecer cuánta de ésta se sustituiría con un metro cúbico de biogás.

Se trabajó con la vereda El Puy, perteneciente a la zona rural del municipio de Fonseca, con un total de 20 predios, con un promedio de 122 personas.



## RESULTADOS

El tratamiento T1 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1) reportó un promedio de producción de biogás 247.4 litros.

Para el tratamiento T2 (mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3) el promedio fue de 234.4 litros.

La diferencia en estos dos tratamientos radica en la relación de materia prima – agua, la cual fue mayor en el tratamiento T2 que en el tratamiento T1. Esto permite deducir que cuando se produce biogás con menores aportes de agua en el proceso de dilución del estiércol, se obtienen mejores resultados. Estos resultados concuerdan con Varnero (2011), quien sugiere que para la producción de biogás con estiércol bovino, la relación estiércol- agua debe ser 1:1.

El tratamiento T3 (mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1) produjo 155.86 litros promedio de biogás.

T4 (mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3) el cual reportó un promedio de 119.5litros. Nuevamente se corrobora lo expresado por Varnero (2011), luego que se puede apreciar que la diferencia entre estos tratamientos estriba en la relación de agua que se usó, obteniéndose mejores rendimientos en una relación 1:1 que en una relación 1:3.

T5 (residuos orgánicos frescos con una relación 1:2), presentó una producción promedio de biogás de 87.2 litros, siendo la menor generación obtenida, lo que demuestra que los residuos orgánicos por si solos no tienen una gran generación de biogás, planeando la posibilidad de que siempre debe ser mezclado con otro tipo de elementos.

T6 (estiércol bovino con una relación 1:2), este tratamiento reportó 184 litros de biogás, reafirmando que la fuente primordial de generación es el estiércol, aunque el uso de estiércol bovino se da en menor proporción.

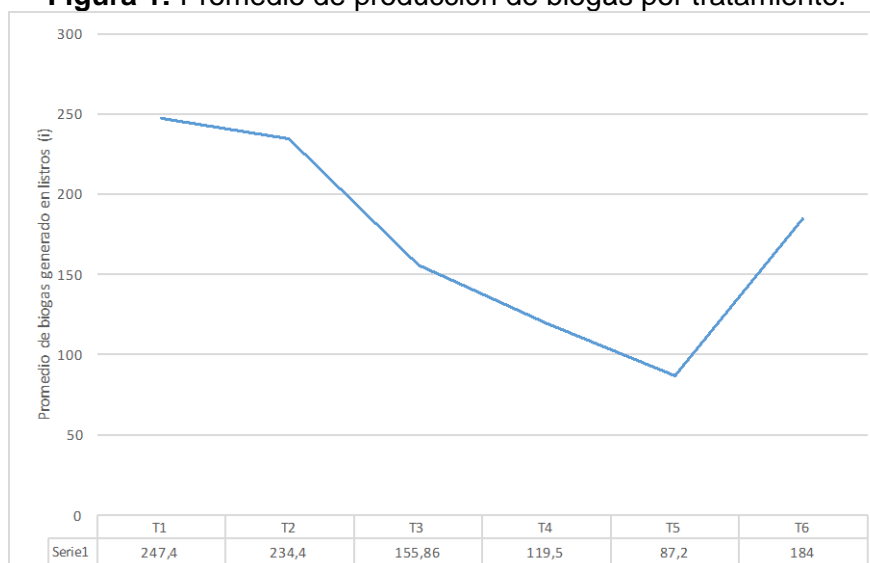
**Tabla 2:** Tratamientos y número de experimentos.

Tratamiento	Biomasa	Biogás generado por experimentos en litros (l)						Total biogás generado	Producción litros de biogás/kg de materia prima
		E1	E2	E3	E4	E5	Promedio de biogás		
T1	Mezcla de residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:1	356	252	186	165	278	247,4	1237	41,23
T2	Mezcla de	310	215	289	151	207	234,4	1172	39,07

	residuos orgánicos frescos y estiércol bovino en una relación 1:3								
T3	Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:1	200	202	113	163	101,3	155,86	779,3	55,66
T4	Mezcla de residuos orgánicos secos y estiércol bovino relación 1:3	104	163	100	217	111	119,5	695	49,64
T5	Residuos orgánicos frescos 1:2	89	74	94	82	97	87,2	436	72,67
T6	Estiércol bovino 1:2	198	174	174	185	189	184	920	61,33

Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura 1:** Promedio de producción de biogás por tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Fernández (2010), reporta el poder calorífico teórico del biogás en 9500 Kcal /m<sup>3</sup>, por otra parte la OLADE, (2016), reporta el poder calorífico promedio de la leña en 4718 Kcal/kg. Basado en lo anterior pudimos calcular que un kilogramo de leña en teoría, equivale a 495 litros de biogás de acuerdo con su poder calorífico. En otras palabras, el trabajo de cocción

que se realiza con un kilogramo de leña es equivalente al que se puede lograr con 496,6 litros de biogás.

Mediante un sondeo exploratorio se determinó que la cantidad de leña requerida en la cocción de alimentos es en promedio 40 kilogramos por día. Adicionalmente se calculó el tiempo promedio de cocción diario, el cual fue de 4.5 horas

Se calculó el consumo de biogás producido con estiércol bovino y residuos orgánicos en una jornada diaria de cocción de alimentos (4.5 horas), obteniéndose un promedio de 477 litros de biogás en este tiempo. Con estos resultados se determinó que un litro de biogás producido es capaz de reemplazar o sustituir 0,083 kilogramos de leña. Dicho de otra manera, 1m<sup>3</sup> de biogás puede sustituir 83 kg de leña.

## **CONCLUSIÓN**

La producción de biogás generado por litro relacionada con la materia prima que lo produce, nos lleva a concluir que la mayor cantidad de biogás producido corresponde al tratamiento T1, en el cual se utilizó residuos orgánicos frescos y estiércol bovino y una relación estiércol- agua de 1:1, lo que nos indica que a menor dilución del estiércol y mayor cantidad de materia orgánica en los residuos (es decir mas frescos), se obtienen mejores resultados

Con respecto a la equivalencia litros de biogás-kilogramos de leña es considerablemente favorable promover a la comunidad rural la implementación del uso alternativo del biogás, si se tiene en cuenta la relación calorífica promedio de la leña y el biogás, considerando que un litro de biogás equivale a 9,5 Kcal y un kilogramo de leña equivale a 4718 Kcal, es decir el poder calorífico de la leña equivale a 496 litros de biogás donde es demostrable la eficiencia del proceso de biodigestión anaerobia para la producción de biogás de calidad y la validez sustitutiva de la leña por biogás resultante como fuentes alternativa de energía limpia y sostenible.

## REFERENCIAS

- Barragán, F. M. (2011). Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme. Universidad Nacional de Colombia.
- CEDECAP. (2007). Biodigestor de polietileno: construcción & diseño.
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. Cuadernos Económicos Del ICE, 117–124.
- DANE, D. A. N. de E. (2010). Boletín censo general perfil Fonseca La Guajira.
- Escobar-Ocampo, M. C., Niños-Cruz, J. Á., Ramírez-Marcial, N., & Yépez-Pacheco, C. (2010). DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DEL USO, DEMANDA Y ABASTECIMIENTO DE LEÑA EN UNA COMUNIDAD ZOQUE DEL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura Y Desarrollo Sustentable*, 6, 199–219.
- Fernández, J. (2010). Energías renovables para todos. Biomasa. Retrieved from [http://www.accion-solar.org/images\\_home/coleccinrenovables/cuaderno\\_biomasa.pdf](http://www.accion-solar.org/images_home/coleccinrenovables/cuaderno_biomasa.pdf)
- Hartz, K & Klink, R. (1981). Temperature effects: Methane Generation from Anaerobial Digestion. *Journal of the Environmental Engineering Division, Proceedings of American Society of Civil Engineeris*.
- Herrero, J. M. (2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. (Jaime Marti Herrero, Ed.).
- Hiler, E. A., & Stout, B. A. (1985). Biomass energy: a monograph.
- House, D. (1978). The complet biogas handbook.
- López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos solidos urbanos. *Alternativa energética y fuente de trabajo. Tecnura*, 13(2), 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.074>
- Magaña, J. L., Torres, E., Martínez, M. T., Sandoval Juárez, C., & Hernández Cantero, R. (2006). {Bibliography}Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras. *Acta Universitaria*, 16(2).
- OLADE, O. L. de E. (2016). La leña. [En línea]. Retrieved from [www.olade.org/sites/default/files/PGIE\\_SESSION\\_06\\_Oferta\\_leñapdf.com](http://www.olade.org/sites/default/files/PGIE_SESSION_06_Oferta_leñapdf.com)
- OMS, O. M. de la S. (2007). Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (1998). Metodología de la investigación (Vol. 1). México: Mcgraw-hill.
- Varnero Moreno, M. T. (2011). Manual del biogás. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Carla Patricia Ariza: Ingeniera del medio ambiente, Magister en gestión y auditorías ambientales, doctorante en educación. Investigador junior del grupo de investigación GIPRODES de la facultad de ingenierías de la Universidad de La Guajira. Docente ocasional del programa ingeniería ambiental de la sede Fonseca. Coordinadora académica del programa ingeniería ambiental de la sede Fonseca (2008-2014). Par académico del ministerio de educación nacional

Luis Ángel Rueda Toncel: Ingeniero industrial, Magister en gerencia de mercadeo, doctor en ciencias mención gerencia. Investigador junior del grupo de investigación GIPRODES de la facultad de ingenierías de la Universidad de La Guajira. Docente ocasional del programa ingeniería ambiental de la sede Fonseca. Par académico del ministerio de educación nacional

Jainer Sardoth Blanchar: Ingeniero industrial, Magister en salud ocupacional y ambiental. Investigador del grupo de investigación GIPRODES de la facultad de ingenierías de la Universidad de La Guajira. Docente ocasional del programa ingeniería ambiental de la sede Fonseca.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL C.G.A.O

IMPLEMENTATION OF A RAINWATER HARVESTING AND TREATMENT SYSTEM FOR USE IN THE C.G.A.O.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL C.G.A.O

## IMPLEMENTATION OF A RAINWATER HARVESTING AND TREATMENT SYSTEM FOR USE IN THE C.G.A.O.

Castro Niño Yohanna Cristina, Instructor  
Téllez Cubillos Victorugo, Instructor  
Tovar Wendy Daniela, Aprendices Tecnólogo en Control Ambiental.  
Centro De Gestión Agroempresarial del Oriente, Sena Vélez.

### RESUMEN

El agua elemento esencial para la vida, es un recurso agotable y cada vez más escaso y contaminado debido a actividades antropogénicas. El agua en el planeta cumple un ciclo y la lluvia hace parte de este, pero debido a múltiples factores encontrados en el ambiente presenta diferentes tipos de bacterias y demás contaminantes al momento de su captación; por ello es de suma importancia implementar un sistema de tratamiento que elimine de manera eficaz dichos contaminantes para poder reutilizarla y que sea apta para el consumo humano cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos según lo dicta la resolución 2115 del 2007 del Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Para el tratamiento de aguas lluvias es necesario implementar un filtro a base de un coagulante natural alternativo a la utilización de químicos costosos, en este caso la acción de semillas de *Moringa oleífera Lam* que actuará como coagulante soluble en cuerpos de aguas crudas en patrones fisicoquímicos y microbiológicos. Para la implementación del sistema de captación, se procedió a realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua lluvia en dos fases, una antes y otra después de la limpieza de canales; la muestra antes de la limpieza de canales, presento una turbidez, nitratos y fosfatos con niveles no permisibles, acompañada de 300 UFC/ 100 cm<sup>3</sup> *E. coli*; por otra parte la muestra tomada después de la limpieza de canales mostro un color y fosfatos con un conteo microbiológico de 78 UFC/ 100 cm<sup>3</sup> *E. coli*. En el caso de las dos muestras ninguna se ajusta a los parámetros de resolución antes mencionada. Lo que permite inferir que el agua lluvia captada del C.G.A.O no cuenta con condiciones aptas para el consumo humano y requieren de tratamiento en sus características. Actualmente la investigación se encuentra en fase de desarrollo de prototipo de sistema de tratamiento, tomado del diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia, de la institución educativa maría auxiliadora de caldas para validación y pruebas de desempeño.

Lo que permitirá la implementación un sistema de tratamiento de aguas lluvias en el C.G.A.O Vélez Santander para satisfacer las necesidades básicas del Centro.

**Palabras claves:** Agua lluvia, Filtración, Implementación, Moringa, Microbiológico.

## ABSTRACT

Water essential for life, is an exhaustible resource and increasingly scarce and contaminated due to anthropogenic activities. The water in the planet cycling and rain is part of this, but due to multiple factors found in the environment presents different types of bacteria and other pollutants at the time of its capture; it is therefore of utmost importance to implement a treatment system that effectively eliminates these contaminants in order to be able to reuse them and that is fit for human consumption, complying with the quality parameters established in accordance with resolution 2115 of 2007 of the Ministry of Social Protection, ministry of environment, housing and territorial development. For the treatment of rainwater it is necessary to implement a filter based on a natural coagulant alternative to the use of expensive chemicals, in this case the action of *Moringa oleifera* Lam seeds that will act as a soluble coagulant in raw water bodies in physicochemical and microbiological conditions. For the implementation of the catchment system, a physicochemical and microbiological analysis of rainwater was carried out in two phases, one before and after the channel cleaning; the sample before the cleaning of channels, presented turbidity, nitrates and phosphates with non-permissible levels, accompanied by 300 CFU / 100 cm<sup>3</sup> E. coli; on the other hand the sample taken after the cleaning of channels showed a color and phosphates with a microbiological count of 78 CFU / 100 cm<sup>3</sup> E. coli. In the case of the two samples, none conforms to the resolution parameters mentioned above. This makes it possible to infer that rainwater collected from C.G.A.O does not have suitable conditions for human consumption and requires treatment in its characteristics. Currently the research is in the development phase of a prototype of a treatment system, taken from the design of the rainwater harvesting system, of the educational institution María Auxiliadora de Caldas for validation and performance tests.

This will allow the implementation of a rainwater treatment system in the C.G.A.O Vélez Santander to meet the basic needs of the Center.

**Keywords:** Rainwater, Filtration, Implementation, Moringa, Microbiological.

## INTRODUCCIÓN

El abastecimiento del recurso hídrico en el municipio de Vélez Santander es insuficiente, y entidades como el C.G.A.O se ven altamente afectadas cuando se presenta escases del servicio que es suministrado por el acueducto municipal. La problemática sobre el agotamiento de los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico, nos lleva a plantear una solución para minimizar el impacto generado, ya que es un problema que genera todo tipo de conflictos e incidirá en el futuro de la biodiversidad biológica de muchas zonas del planeta; Debido a que solo el 0.08% del agua es apta para consumo, se busca implementar nuevas estrategias para controlar el uso excesivo del agua, ayudando a la sostenibilidad del planeta. Este proyecto se crea con el fin de mitigar el impacto generado mediante la realización de un objetivo general: Implementar un sistema de captación y tratamiento de aguas lluvias para su aprovechamiento en C.G.A.O. Al cual se logrará por medio de tres objetivos específicos: primero realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua lluvia captada por medio de los canales del Centro, segundo



seleccionar, construir y validar la eficacia de los filtros para implementarlos en el sistema de tratamiento y por último implementar el sistema de tratamiento en el C.G.A.O.

El sistema de tratamiento de aguas lluvias que se realizara implementando un lecho filtrante a base de *Moringa oleífera Lam* la cual según lo expuesto en el artículo Potenciales aplicaciones de *Moringa oleífera*. Una revisión crítica (Martín., García., *et al.* 2013) el uso de las semillas de moringa para la purificación de agua es una opción económicamente atractiva para los países subdesarrollados, teniendo en cuenta el alto costo de muchos coagulantes químicos. Además, algunos de ellos como el sulfato de aluminio (alumbre) pueden tener efectos adversos en la salud humana (Mendoza, Fernández, Ettiene y Díaz, 2000). La aplicación de la semilla al tratamiento de aguas genera menores volúmenes de lodo, en comparación con el alumbre (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

La dosis de extractos de semilla requerida es similar a la de alumbre que normalmente se utiliza, pero si el tratamiento se realiza con proteínas purificadas y no con el extracto total, el efecto coagulante es mucho mayor. Teniendo en cuenta además que la moringa es biodegradable, no es tóxica, no afecta el pH ni la conductividad del agua, y el lodo producido por la coagulación es inocuo y poco voluminoso, puede considerarse un sustituto viable del alumbre. Aunque la no toxicidad de las semillas está confirmada, Santos *et al.* (2009) sugieren tratar térmicamente el agua purificada para desnaturalizar la proteína lectina, que es un reconocido factor anti nutricional.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

El agua es un recurso natural limitado, de utilización amplia y esencial para la vida, cuya pérdida de calidad puede ocurrir fácil y rápidamente, razón por la cual debe ser preservada en cualquier circunstancia de suministro que se presente (FAO. 2013). El agua del planeta cumple un ciclo, no utilizarla de manera racional significa tener problemas en otras de sus fases (FAO. 2013). La lluvia es un medio importante de aporte de agua, a pesar de que se distribuye naturalmente por toda el área y sin costo, no se tiene control sobre su volumen, frecuencia o distribución geográfica (FAO. 2013). En este sentido, la lluvia es un fenómeno natural totalmente aleatorio, aunque se puedan establecer parámetros estadísticos sobre su comportamiento para una determinada zona, a partir de su ocurrencia histórica y de modelos de predicción (FAO. 2013).

Existen dos soluciones para satisfacer el manejo sostenible del agua: la primera es encontrar nuevas alternativas para el abastecimiento y la segunda es utilizar, de manera eficiente, los limitados recursos disponibles. Hasta ahora los esfuerzos se han centrado en la primera opción y solamente se ha dado limitada atención a la segunda (Rojas., *et al.* 2012).

Una alternativa con gran potencial es el agua de lluvia, para su colecta sólo se requiere de un sistema de captación el cual tiene ciertas ventajas: un ahorro de energía, que evita todo el proceso de extracción, sistema de distribución y bombeo para su transporte al área de suministro y el tratamiento requerido para garantizar la calidad adecuada para el consumo humano, es de bajo costo (Rojas., *et al.* 2012).

El agua lluvia después del sistema de captación necesita pasar por un dispositivo de retiro de contaminantes y filtración antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento, se recomienda colocar un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que puede tener el agua, como pueden ser sedimentos, metales, grasas y basuras. De esta forma el agua llegará sin residuos tóxicos al lugar de almacenamiento y estará disponible para su consumo (FAO., 2013).

La efectividad de las semillas de *M. oleifera* para la remoción de materias en suspensión contenidas en aguas turbias ha sido convincentemente demostrada (Jahn, 1988; Muyibi y Evison, 1995; Ndabigengesere *et al.*, 1995). Además, se ha comprobado que la moringa no solo tiene propiedades coagulantes, sino también acción bactericida (Folkard y Sutherland, 1996), lo que avala su uso en la potabilización de agua. En una investigación realizada con aguas turbias del Nilo, en dos horas de tratamiento se logró hasta un 99,5 % de reducción de la turbidez y la eliminación de hasta el 99,99 % de las bacterias (Madsen, Schlundt y El Fadil, 1987) (Martín., García., *et al.* 2013).

Para el tratamiento de aguas lluvias es necesario implementar un filtro a base de un coagulante natural como alternativa a la utilización de químicos costosos, en este caso la acción de las semillas de un árbol de *Moringa oleifera Lam.* Cuyos núcleos contienen cantidades de moléculas y proteínas con cargas positivas y polímeros coagulantes, solubles en cuerpos de aguas crudas. Cuando las proteínas se unen predominantemente a las cargas negativas de los contaminantes en el agua estos se adhieren a las semillas formando flóculos que serán removidos por medio de la filtración (Rodríguez., García & Muñoz. 2008).

Estudios realizados en Kenya demostraron la actividad antimicrobiana de extractos de semillas de *M. oleifera* sobre las bacterias *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*, causantes de la fiebre tifoidea, el cólera y la gastroenteritis, respectivamente (Walter, Peter y Joseph, 2011). Los autores de la presente reseña consideran que ese resultado puede tener un gran impacto, ya que se trata de agentes antimicrobianos naturales que constituyen un método barato y sostenible para el control de enfermedades y para mejorar la calidad de vida en comunidades (Martín., García., *et al.* 2013).

## **METODOLOGÍA**

La metodología se dividió en tres fases: la primera se enfocó al sistema de captación del agua lluvia donde se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica, la segunda a la selección del prototipo a seguir y la tercera donde se va a realizar el montaje de la infraestructura del sistema de tratamiento.

Para el sistema de captación del agua de lluvia, se procedió a seleccionar las canaletas y tomar dos muestras por medio del sistema de canaletas presentes en la infraestructura del C.G.A.O Vélez Santander. La muestra 1 y 2 fue llevada al laboratorio fisicoquímico y microbiológico donde se realizaron los análisis. Con los datos obtenidos se determinó los niveles de contaminación del cuerpo de agua con base en la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Para la toma de muestras se utilizaron 4 frascos de vidrio estériles donde se usaron 2 frascos para la primera muestra antes de la limpieza de canales y los otros 2 en la segunda muestra después de la limpieza de canales; ambas muestras se condujeron al laboratorio de aguas del C.G.A.O SENA Vélez.

Los análisis microbiológicos se realizaron por medio de la técnica de filtración por membrana utilizando un medio de cultivo agar coliformes, los resultados físicoquímicos se obtuvieron empleando métodos como nefelometría, espectrofotometría, titulometría, electrometría, pontensimetría, volumetría EDTA (ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio) y comparación visual, para así obtener las unidades formadoras de colonias (UFC) de las muestras.

La segunda fase es mediante la selección, construcción y validación del prototipo a evaluar el cual se basó en un sistema de tratamiento tomado de la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia (Casteñeda, 2010). Para la realización del montaje se requiere una base de madera estable que pueda soportar el peso de las canecas en este caso tres canecas, cada una con capacidad de 30 litros o 8 galones de agua y adicional el peso de cada filtro que contenga cada una de ellas.

Al sistema de canaletas se le acondiciona una malla metálica en acero inoxidable que evita el paso de residuos sólidos al sistema de tratamiento, las canecas serán ubicadas de forma horizontal, cada una con un lecho filtrante distinto. La primera caneca contendrá como filtro carbón activo, la segunda caneca llevará las semillas de *Moringa oleífera Lam* y la tercera y última caneca tendrá algodón o gaza evitando la salida del agua purificada con micropartículas de los filtros del sistema.

La conexión que se realizará a la canaleta será por medio de codos de unión 90x4 cxc Sanitaria Durman y el agua lluvia captada será dirigida a la primera caneca por medio de un tubo PVC de 4 pulgadas, cada proceso de filtro va a tener un sistema de desagüe con un tubo corona de 30 cm para evitar reboses del agua captada. Y al final del sistema de tratamiento habrá un tubo PVC de 4 pulgadas que llevará el agua purificada al tanque de almacenamiento para su aprovechamiento. El sistema de tratamiento en eventos moderados dura 20 minutos en el proceso y en eventos fuertes dura 30 a 40 minutos; eventos los cuales son los que se desarrollan en el municipio de Vélez Santander donde queda ubicado el C.G.A.O.

## **RESULTADOS**

Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm<sup>3</sup> de muestra (ver tabla).

**Tabla 1.** Valores microbiológicos permitidos correspondientes a la resolución 2115 de 2007.

TÉCNICA FILTRACIÓN	DE	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHA COLI.	MESOFILOS.
Filtración membrane	por	0 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	100 UFC/100 cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Resolución 2115 de 2007 ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

La primera muestra analizada microbiológicamente arrojó valores altos los cuales no son acordes a los permisibles de la resolución 2115 de 2007 (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2007).

Los valores obtenidos de contaminación por medio de microorganismos son altos debido posiblemente a la presencia de heces de aves, roedores, restos de polución y polvo ocasionado por obras de construcción existente en las canaletas de donde fue tomada la muestra 1 (Rojas., *et al.* 2012).

**Tabla 2.** Resultados microbiológicos de la primera muestra del agua lluvia.

TÉCNICA FILTRACIÓN	DE	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHA COLI.	MESOFILOS.
Filtración membrane	por	300 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	300 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	300 UFC/100 cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Laboratorio Físicoquímico y microbiológico del Centro de gestión Agroempresarial del Oriente.

En la segunda muestra de los análisis microbiológicos los niveles de los resultados disminuyeron posiblemente gracias a un programa de mantenimiento y limpieza que se realizó al sistema de canaletas del Centro. (Ver siguiente tabla).

**Tabla 3.** Resultados microbiológicos de la segunda muestra del agua lluvia.

TÉCNICA FILTRACIÓN	DE	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHA COLI.	MESOFILOS.
Filtración membrane	por	88 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	78 UFC/ 100 cm <sup>3</sup>	300 UFC/100 cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Laboratorio Físicoquímico y microbiológico del Centro de gestión Agroempresarial del Oriente.

Es importante dentro del estudio que el agua lluvia cumpla con condiciones físico-químicas aptas para su consumo y que el agua almacenada tenga un tratamiento de desinfección previo (Castañeda, 2010). Los valores de los análisis físico-químicos de las muestras captadas en el Centro son mayores a los aceptados por la normatividad vigente lo cual se debe posiblemente a la evaporación del agua y polución existente en la capa vegetal la cual se ve afectada y contaminada diariamente a las actividades antropológicas del ser humano, en este caso a la ganadería, cultivos, fábricas de bocadillo y obras de construcción (Ver siguiente tabla) (Castañeda, 2010).

**Tabla 4.** Resultados físico-químicos de las muestras del agua lluvia.

<b>Características Físicoquímicas.</b>	<b>Rango/valor máximo permitido Resolución 2115 de 2007</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Color	15 UPC	10	20
Turbiedad	2 UNT	7,75	1,89
Conductividad	<b>1000 <math>\mu\text{S}/\text{CM}</math></b>	11,35	48,90
Ph	6,5-9,0 Unidades	6,84	7,68
Cloro	0,3-2,0 mg/L $\text{Cl}_2$	N.A	N.A
Calcio	60 mg/L Ca	19,90	29,90
Alcalinidad total	200 mg/L $\text{CaCO}_3$	20	65
Cloruros	250 mg/L $\text{Cl}^-$	9	10
Dureza total	300 mg/L $\text{CaCO}_3$	5	22
Hierro	0,3 mg/L Fe	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$
Sulfatos	250 mg/L $\text{SO}_4^{2-}$	$\leq 25$	$\leq 25$
Nitritos	0,1 mg/L $\text{NO}_2^-$	$\leq 0,02$	0,02
Nitratos	10 mg/L $\text{NO}_3^-$	25	10
Aluminio	0,2 mg/L Al	$\leq 0,10$	$\leq 0,10$
Fosfatos	0,5 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$	$\leq 3$	$\leq 3$

**Fuente:** Laboratorio Físicoquímico y microbiológico del Centro de gestión Agroempresarial del Oriente.

## CONCLUSIÓN

AL realizar los análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras tomadas en el C.G.A.O Vélez Santander se puede evidenciar de manera clara que el cuerpo de agua lluvia tiene niveles altos de contaminación y no es apto para el consumo humano, según lo establecido en la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Por lo cual la implementación de un sistema de tratamiento y filtración con un lecho filtrante como la *Moringa oleífera Lam* será una opción adecuada para eliminar los contaminantes presentes.

## REFERENCIAS

- Ann, M. (2013) Tratamiento de aguas a base de moringa oleífera. Recuperado de: <https://prezi.com/peh8ad8c44ze/tratamiento-de-aguas-a-base-de-moringa-oleifera/>
- Castañeda, N. (2010) Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>
- DISEPROSA. (2012) Plantas de tratamientos de aguas. Recuperado de: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87264/Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87264/Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Garavito, L. (2012) Diseño de sistemas de captación de aguas lluvias. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/SociedadJulioGaravito/diseo-de-sistemas-de-captacin-de-agua-de-lluvia-12213385>
- INPLUVIUM. (2014) Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. Recuperado de: <file:///C:/Users/SENA/Downloads/numero01.pdf>
- Legorreta, M. (2012) Aguas pluviales. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/monselegorretas/aguas-pluviales-descargas>
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E. & Puls, J. (2013) Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942013000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200001)
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007) Resolución 215 de 2007. Recuperado de: <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Documents/resolucion%202115%20de%202007.MPS-MAVDT.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2013) Captación y almacenamiento de agua lluvia. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>
- Rojas, M., Gallardo, J. & Martínez, A. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2012000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2012000100002)
- Rodríguez, S., García, O. & Muñoz, R. (2008) El uso de la moringa para depurar el agua. Recuperado de: <https://www.moringa.es/index.php/moringa-que-es/moringa-purificar-agua>
- Universidad de Sevilla. (2015) manual del carbón activo. Recuperado de: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

Vitalmor. (2008) El uso de la moringa para depurador del agua. Recuperado de : <https://www.moringa.es/index.php/moringa-que-es/moringa-purificar-agua>

Wiff, V. & Reiff, F. (1993) La Desinfección del Agua a Nivel Casero en Zonas Urbanas Marginales y Rurales. Recuperado de: [file:///C:/Users/SENA/Downloads/Desinfeccion Agua Casero Zonas %20Urbanas %20Marginales Rurales.pdf](file:///C:/Users/SENA/Downloads/Desinfeccion%20Agua%20Casero%20Zonas%20Urbanas%20Marginales%20Rurales.pdf)

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Yohanna Cristina Castro Niño: Ingeniera Ambiental de la Universidad Libre seccional Socorro, pertenezco al grupo de investigación del Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente SENA-VELEZ, Investigadores CGAO, cursando actualmente Maestría en Gestión y auditorías Ambientales, Especialización tecnológica en Evaluación de impacto ambiental, instructor contratista del CGAO y docente Universidad Abierta y a distancia UNAD.

Victorugo Téllez Cubillos: Médico veterinario de la Universidad de la Salle, pertenezco al grupo de investigación de sanidad animal de Corpoica Ceisa, donde se realizaron investigaciones en aislamiento de bacterias del Genero Clostridium spp. Posteriormente estudios en reproducción de grandes animales en IRAC-Argentina, Maestría en Ciencia Veterinarias en la universidad de la Salle y desarrollo investigativo en el Centro de Reproducción de grandes animales en Corpoica La Libertad, subdirector científico en AGV salud animal y actualmente perteneciente al grupo de investigación, investigadores Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente (C.G.A.O) SENA Vélez como Instructor SENNOVA.

Wendy Daniela Tovar Ardila: Aprendiz Tecnólogo en control Ambiental, me encuentro vinculada al programa de apoyos de sostenimiento en el Centro desarrollando actividades como auxiliar de programación virtual, igualmente desarrollo diferentes actividades para la ejecución del proyecto de investigación presente y hago parte del semillero de investigación SEMIPROVEL del Centro de Gestión Agroempresarial del Oriente SENA-VELEZ. A través de mis conocimientos adquiridos en mi formación como Tecnólogo en control ambiental, me gustaría contribuir con actividades de mitigación a las diferentes problemáticas ambientales existentes.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# VALORACIÓN MONETARIA DEL BENEFICIO AMBIENTAL GENERADO POR EL PÁRAMO DE SANTURBÁN EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CUCUTA

MONETARY VALUATION OF THE ENVIRONMENTAL BENEFIT  
GENERATED BY THE SANTURBÁN PARAMO IN THE  
MUNICIPALITY OF SAN JOSÉ DE CUCUTA



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE





# VALORACIÓN MONETARIA DEL BENEFICIO AMBIENTAL GENERADO POR EL PÁRAMO DE SANTURBÁN EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CUCUTA

## MONETARY VALUATION OF THE ENVIRONMENTAL BENEFIT GENERATED BY THE SANTURBÁN PARAMO IN THE MUNICIPALITY OF SAN JOSÉ DE CUCUTA

Jesús Antonio Villamizar Loaiza,  
Sandra María Rozo Gelvez,  
Jonathan Gabriel Silva Juguersen.

### RESUMEN

El ritmo al que han crecido las sociedades modernas las ha llevado a encontrarse en una encrucijada particular, expandir sus economías, desarrollarse y garantizar una mejor calidad de vida para los grupos más vulnerables de su población a cambio de mayores niveles de degradación ambiental, en aspectos como la explotación intensiva de recursos no renovables que se encuentran en la corteza terrestre y que se relacionan de manera directa con la generación de empleo y manejo fiscal del país. Los páramos son fábricas naturales de agua que proveen este vital líquido a gran variedad de ecosistemas, entre ellos los asentamientos rurales y urbanos, sin embargo, también cuentan con una variada riqueza minero-energética en sus subsuelos, lo que ha generado que países como Colombia hoy enfrenten una disyuntiva particular. Este artículo se enfoca en analizar los aspectos positivos que genera el Páramo de Santurbán, para el municipio de San José de Cúcuta y el departamento Norte de Santander, en donde mediante el método de valoración de Costo de Viaje y Valoración Contingente se pretende demostrar la viabilidad de implementar una política pública de conservación de esta zona en particular.

**Palabras clave:** Páramo, Costo de Viaje, Contaminación, Valoración Contingente, Desarrollo Económico.

### ABSTRACT

The pace at which modern societies have grown has led them to be in a particular crossroads, expand their economies, develop and ensure a better quality of life for the most vulnerable groups of the population in exchange for higher levels of environmental degradation, aspects and the intensive exploitation of non-renewable resources found in the earth's crust and relate directly with job creation and fiscal management of the country. The moors are natural water factories that provide this vital liquid to a variety of ecosystems, including rural and urban settlements, but also have a wide mining and energy wealth in its subsoil, which has led countries like Colombia today, face a particular dilemma. This article

is focused on analyzing the strengths generated by Paramo Santurbán to the town of San José de Cúcuta and Norte de Santander department, where by the method of valuation of travel costs and contingent valuation is to prove the feasibility to implement a public policy of conservation of this particular area.

**Keywords:** Desert, Travel Costs, Pollution, Contingent Valuation, Economic Development.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia se carece de mecanismos de valoración económica de los recursos naturales que permitan determinar el costo real que se tiene que asumir para aminorar los respectivos impactos humanos sobre los ecosistemas, así como los beneficios que se generan a partir de los mismos mediante la explotación humana (Álvarez Farizo, et al, 2012), para lo cual la ciencia económica se había quedado corta, hasta la inversión de los modernos sistemas de medición que permitieron dar el valor real de aquellos bienes y servicios que provee el entorno y que para entonces no parecían ser responsabilidad de nadie.

La forma como se han construido los mecanismos de evaluación económica ha partido de la necesidad que nace del desastre con grandes fenómenos de contaminación y que en la gran mayoría de ocasiones tienden a ser subvalorados y no corresponden con el precio real que lleva consigo iniciar una secuencia de recuperación de una zona afectada por una externalidad ya sea de orden positivo o negativo en particular debido a que se cuenta en el territorio nacional con una de las más grandes y coloridas biodiversidades del planeta

Las características ecológicas que presenta el país cuyo capital natural en comparación al resto del mundo es preponderante en especies como anfibios y aves exóticas (Bishop, R.C, et al, 2015); caracterizado por una gama de sistemas hidrográficos y paisajísticos, dentro de los que se destacan los páramos como uno de los principales reguladores hídricos del medio ambiente, pese a esta circunstancia existe una tendencia de sobreexplotación de estos sitios para la producción minero- energética, esta es la viscidud que en algún momento enfrentó el Páramo de Santurbán y aún deben sortear algunos lugares similares en el territorio nacional

Lo que se pretende es demostrar mediante la combinación de dos métodos de valoración económica: la contingencia y el costeo de viaje es la viabilidad de preservar este tipo de lugares a la vez que se incentiva la actividad turística recreativa en estas áreas en el marco de un proceso sostenible, para lo cual se realiza un trabajo de campo en el cual mediante un modelo de encuesta se construyen dos tipos de modelos de orden econométrico y se determina de esta forma el grado de conciencia ambiental de los habitantes del área metropolitana de Cúcuta respecto a este lugar de diversidad ecológica. En la primera parte de este artículo se esboza la presente introducción, posteriormente se realiza una descripción de la zona que envuelve al paramo de Santurbán y algunas de sus características, seguido de la descripción de la metodología empleada para llevar a cabo para realizar esta investigación, los respectivos resultados encontrados, así como la correspondiente discusión para finalmente esbozar una serie de CONCLUSIÓN, los respectivos agradecimientos y los correspondientes referentes consultados.

## **Caracterización del Páramo de Santurbán**

El Páramo de Santurbán constituye un ecosistema de territorios complejos, por ser el punto más alto que separa a los departamentos de Santander y Norte de Santander, configurado en una cultura asociada al páramo, que desde las épocas prehispánicas ha sido escenario de encuentro e intercambios sociales, que después de mediados del siglo XX al construir las diferentes vías que conectaron las cuencas del Catatumbo y Arauca con el Magdalena, se ha venido configurando una cultura de los Santanderes asociada a la alta montaña.

Igualmente ha sido mirado en las últimas décadas por empresas de servicios públicos generadoras de energía y abastecedoras de agua potable. La empresa privada ha puesto en la última década su mirada en este ecosistema por las reservas de carbón y oro que se reportan.

Las comunidades locales y las grandes ciudades ven amenazados el futuro de los recursos naturales y el ambiente por la presiones que se ejercen desde los diferentes sectores económicos y las comunidades ascendentes que amplían la frontera agrícola, provocando procesos sociales e institucionales que permitan articular una visión conjunta de los páramos de Santurbán en el largo plazo (CORPONOR, 2015).

En 1997 se encontraron las Corporaciones Autónomas Regionales, los Departamentos, la Unidad de Parques y en su momento el Corpes Centro Oriente, los cuales visualizaron la importancia de construir un proceso que permitiera garantizar la sostenibilidad de este ecosistema en el largo plazo, y es así como a partir de este proceso y otras acciones institucionales, se constituyó una alianza en 1999 entre más de seis corporaciones, tres departamentos, el Ministerio del Ambiente, el Instituto Humboldt, etc., que permitió ver que estos páramos son los más grandes que existen en el mundo.

El Páramo de Santurbán está situado en el extremo nororiental de la cordillera oriental colombiana, en el espacio físico del área compartida por el bosque alto andino, sub-páramo y páramo, localizados en los departamentos Norte de Santander y Santander.

El territorio de Santurbán posee una superficie aproximada de 450.000 hectáreas, integrado por los municipios de Salazar, Silos, Mutiscua, Cucutilla, Pamplona, Pamplonita, Cácuta, Chitagá Arboledas y Cáchira en el departamento Norte de Santander, área de jurisdicción de CORPONOR; los municipios de Piedecuesta, Floridablanca, Matanza, Tona, Vetas, Surata, California, Charta y El Playón en jurisdicción de la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (C.D.M.B). y los municipios de Santa Bárbara, Guaca, Cerrito, Concepción, San Andrés, Carcasí, San Miguel, Málaga y Macaravita en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (C.A.S); estas dos últimas corporaciones del Departamento de Santander

De su posición geográfica se derivan algunas singularidades, entre otras el hecho de constituirse en una importante región del Nororiente Colombiano, caracterizada por la presencia de importantes ecosistemas estratégicos para la preservación de la diversidad biológica y áreas de reservas hídricas de especial relevancia desde el punto de vista económico y social, pues se constituyen en fuente de abastecimiento de agua para los acueductos de las áreas metropolitanas de Bucaramanga y Cúcuta, ciudades intermedias como Pamplona y Málaga, centros urbanos menores y áreas rurales nucleadas, suministro

de agua para los distritos de riego, central de energía termoeléctrica y consumo a nivel rural.

Estas zonas paramunas constituyen las áreas de recarga hídrica y estrella fluviales que drenan hacia las Cuencas del Magdalena, Catatumbo y Arauca, estas dos últimas cuencas de carácter binacional con la República de Venezuela.

## **METODOLOGÍA**

Los estudios de valoración de bienes públicos como el medio ambiente, son un mecanismo eficiente de regulación de impactos negativos vía externalidades en países desarrollados, aunque en lo relacionado al continente latinoamericano no se ha avanzado lo suficiente en este tipo de preceptos y es escasa la bibliografía relacionada con el tema (Garrido, A, 2014); no obstante a la luz de los modelos existentes es factible iniciar un proceso de evaluación económica en términos de costos y/o beneficios que genera el conjunto de bienes que componen el capital natural para el conjunto de la sociedad y que han demostrado un grado de aceptación en los respectivos entornos académicos estos son el costo de viaje y la valoración contingente.

El método de medición económica denominado como coste de viaje es autoría del economista Harold Hotelling en el año 1947 quien tras observar el deterioro creciente que presentaban los sistemas de parques nacionales en Norteamérica (Hotelling, H, 2011), ideó un sistema que permitía medir el grado de pertenencia hacia un determinado bien ambiental a partir del costo de desplazamiento hacia el lugar en el que se encuentra a partir del empleo de sus preferencias se podía bridar valor monetario a un recurso público que era gratuito.

Por su parte el método de valoración contingente fue ideado por el economista Ciriacy Wantrup en 1958 para una empresa consultora en donde mediante un mecanismo de preguntas sencillas se preguntaba a los habitantes de una reserva natural si estarían dispuestos ya sea a pagar o recibir del estado un determinado incentivo a cambio de modificar su comportamiento contaminante (Mäler, K. G, 2010), ya que el entorno natural carece de un mercado propio donde ser tranzado se debe crear un espacio en donde interactúen la oferta y la demanda alrededor de un precio, y de esta forma asignar las responsabilidades a los respectivos agentes económicos dentro del espacio de conservación.

Para llevar a cabo esta investigación se diseñaron dos tipos de encuestas en la que se muestra a los habitantes del municipio de San José de Cúcuta que es el páramo de Santurbán, donde se ubica, que beneficios genera para la calidad del medio ambiente, la comunidad y las principales amenazas que enfrenta, así también las respectivas medidas remediales que se pueden emplear para mitigar estas visitudes, en donde la primera de estas corresponde a la metodología de costo de viaje y la segunda aplica el mecanismo de valoración contingente.

En el primer caso se han tomado el número de viajes al área de destino que en el presente estudio lo representa la zona aledaña al paramo de Santurbán tanto para los viajeros frecuentes como para lo no frecuentes, representado por la letra (Y), donde se relaciona de forma lineal con el costo de viajar al respectivo lugar (Cv), la preferencia por realizar el

desplazamiento (Paramo), la edad (Edad) y el ingreso promedio mensual (YpM). Para el segundo caso se plantea un modelo adicional que explica el valor que tiene para los habitantes del municipio este lugar en particular mediante su disposición a pagar por su preservación (DAP) en relación con variables como YpM, nivel educativo (Edu), Edad, ética ambiental (Em), confianza Gubernamental (Cg) y el género (G) mediante una regresión lineal Ancova y una función probabilística Logit.

A lo largo de la investigación se encontraron una serie de limitantes entre lo que se tiene referente a las estimaciones del valor monetario del beneficio ambiental del páramo de santurbán se enfoca en un análisis teórico, en observaciones directas y en el manejo dado por el gobierno regional y nacional al mismo; los valores monetarios vienen dados por las preferencias de los encuestados quienes después de una descripción completa de la zona de estudio expresan libremente su punto de vista, es dada esta condición que puede existir cierto grado de sesgo que tienden a favorecer al encuestador .

Para el análisis cuantitativo se ha tomado la ciudad de San José de Cúcuta, con una población cercana a los 650011 habitantes, según la medición realizada a través de la encuesta integrada de hogares del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2012), de la cual se determina que la muestra a obtener deberá cumplir dos tipos de restricciones: encuestados con mayoría de edad cumplida y que perciban algún nivel de ingreso, así como que habiten de manera permanente dentro del entorno urbano del municipio, así entonces se plantea una prueba de 240 muestras con el fin de realizar los modelos de regresión antes planteados partiendo del método de muestreo conglomerado (Investigación Integral de Mercados, 1998, P. 81).

Para llevar a cabo esta prueba se enumeran todos los barrios de la ciudad, se escoge de manera aleatoria una parte de esos barrios, se enumeran las manzanas de los barrios seleccionados, se escoge una muestra aleatoria de esas manzanas, a partir de ahí se escogen aleatoriamente un número de cuadras, se enumeran las unidades familiares por cada cuadra y finalmente se toman al azar una parte de estas, en el presente caso se han tomado veinte barrios de distinto nivel socio económico, en los que se han realizado doce encuestas en total, a su vez se toman tres manzanas por asentamiento y finalmente se realizan dos encuestas a dos unidades familiares para un total de 240 muestras.

### **Determinación del Tamaño Muestral**

Para calcular el tamaño de la muestra a obtener dentro del desarrollo investigativo se recurrió a la siguiente fórmula estadística para muestreo tipo conglomerado que se observa en la ecuación (1):

$$n = \frac{Z^2 P \cdot Q}{e^2} \quad (1)$$

Donde

Z= Margen de Confianza = 95% (corresponde a 1.96 en la distribución normal)

P = Probabilidad de que el evento ocurra (80%)

Q = Probabilidad de que el evento no ocurra (1-P) = (20%)

e= Error de Estimación = 5%

Al momento de ser aplicada sobre una población estimada de 180.000 personas, se obtuvo:

$$n = (1.96)^2 * (0.80) * (0.20) / (0.05)^2 = 246$$

De estas 246 muestras, se escogen 240 (97,6%), para llevar a cabo el estudio por facilidad estadística en aspectos como recolección, clasificación, tabulación y sistematización de la información recolectada.

### **Variables de Estudio**

Tanto en el modelo de costo de viaje como en el de valoración contingente se emplean una serie de variables de orden cuantitativo y cualitativo; así como de naturaleza dependiente e independiente de tal forma que el número de visitas y el grado de disposición a pagar se han tomado como variables dependientes cuantitativas; a su vez se han considerado como independientes, aquellas que guardan algún grado de codependencia de las incógnitas antes mencionadas y que se han estructurado acorde a las características de los respectivos enfoques teóricos, tal y como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Características de las Variables de Investigación

<b>Variable</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Orden</b>
Número de Visitas al Paramo de Santurbán (Y)	Dependiente	Cuantitativo
Disposición a Pagar (D.A.P)	Dependiente	Cuantitativo y Cualitativo
Paramo	Independiente	Cualitativo
Costo de Viaje (Cv)	Independiente	Cuantitativo
Edad	Independiente	Cuantitativo
Ingreso Promedio Mensual (YpM)	Independiente	Cuantitativo
Nivel Educativo (Edu)	Independiente	Cualitativo
Ética Ambiental (Em)	Independiente	Cualitativo
Confianza Gubernamental (Cg)	Independiente	Cualitativo
Género (G)	Independiente	Cualitativo

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Una vez se ha realizado el trabajo de campo, se procede a la construcción de estas variables y a su medición mediante un modelo de regresión de línea Ancova (emplea una combinación de variables tanto cualitativas como cuantitativas) y Logit (emplea un cálculo probabilístico logarítmico para calcular una determinada función), para finalmente construir un indicador de responsabilidad ambiental local estratificada que permita el direccionamiento adecuado de políticas públicas de conservación acorde con las características que involucran a distintos sectores sociales.

## **Resultados**

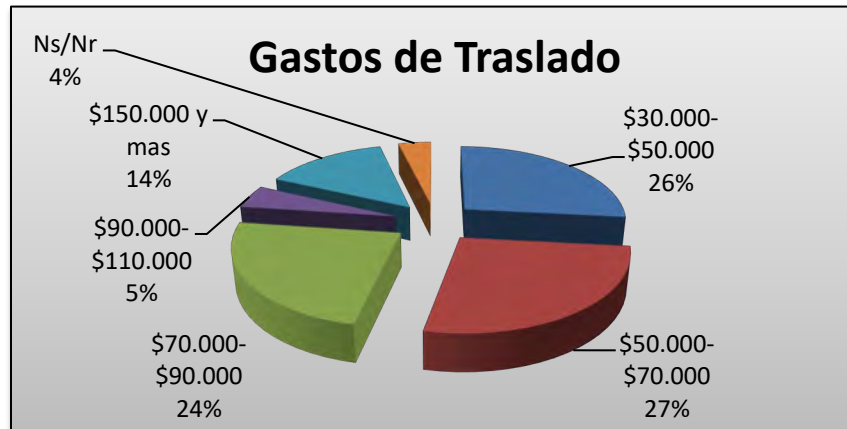
### **Análisis Estadístico Descriptivo**

Al recolectar la información de forma directa en los hogares de la ciudad y bajo los preceptos teóricos de los respectivos enfoques abordados se ha obtenido la siguiente

información (tabulándose a través del programa Microsoft Excel en una laptop Sony Vaio Modelo: NQWR-567980)

- Cuando se indaga acerca del conocimiento que tienen los habitantes de la ciudad respecto al páramo de Santurbán se registra un margen de 65% de respuestas positivas en contraste con un 35% de desconocimiento, este último aspecto se observa de forma especial en estratos 1y2.
- A partir de la respuesta anterior se procedió a indagar si en alguna se habían desplazado a esta área en calidad de turismo ecológico los resultados denotan que solo un 30% de las personas que saben que este lugar existe ha ido a este en algún momento.
- Así entonces del total de personas que se han desplazado en alguna oportunidad hacia la zona del páramo de Santurbán; un 26% afirmo haber incurrido en un gasto de traslado un rango entre \$30.000 y \$50.000; un consecuente 27% empleo un valor ubicado entre \$50.000 y \$70.000; 24% gasto entre \$70.000 y \$90.000; 14% gasto un rublo superior a los \$150.000 y un 5% incurrió en un gasto ubicado entre \$90.000 y \$110.000; estos valores se pueden observar en la siguiente figura:

**FIGURA 1:** Gasto de Traslado a la Zona del Páramo de Santurbán



Fuente: Elaboración Propia, 2017

- En el campo de la frecuencia deseada de asistencia a la zona del páramo de Santurbán para aquellos que ya conocen este lugar o han escuchado su existencia se focalizan en periodos de seis meses con un 59%; consecutivamente cada dos meses 25%; anualmente 12% y de vez en cuando un 4%.
- Existe un marcado interés por parte de los encuestados en relación al interés por la implementación de un proyecto de conservación ambiental del páramo de Santurbán en razón al 98% del total de la muestra.
- Cuando se indaga respecto a la disposición de pago por la implementación de este tipo de programas de protección del medio ambiente, se presenta una respuesta positiva alrededor del 95%, lo que se observa en la siguiente figura:

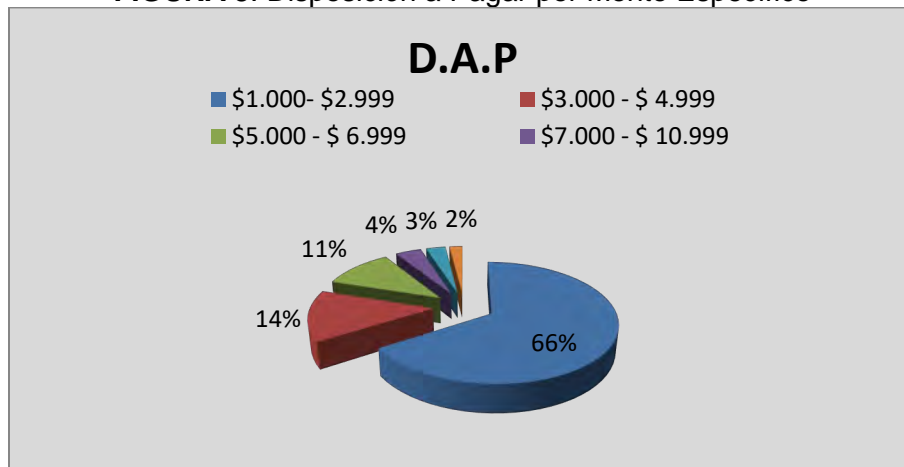
**FIGURA 2.** Porcentaje de Personas Dispuestas a pagar por la Conservación del Páramo de Santurbán



Fuente: Elaboración Propia, 2017

- En lo referente a los rangos económicos bajo los cuales se desea hacer esa disposición a pagar existe una prevalencia de 66% hacia los valores menos elevados es decir entre \$1.000 y \$2.999; subsecuentemente un 14% ha fijado su disponibilidad en un rublo ligeramente superior entre los \$3.000 y \$4.999; un 11% ubico su preferencia en una brecha de valor entre \$5.000 y \$6.999; un 3%; un 2% se inclina por una contribución de \$20.000 y más; para finalmente el restante 4% se identifique con un pago probable ubicado entre \$7.000 y \$10.999 respectivamente. Esta situación permite entonces entender que el hecho de contar con un monto de ingresos considerable no se evidencia en el grado de conciencia y responsabilidad como se observa en la siguiente figura:

**FIGURA 3.** Disposición a Pagar por Monto Específico



Fuente: Elaboración Propia, 2017

- En cuanto al medio por el cual se desea contribuir a la política de conservación del páramo de Santurbán, se encuentra una mayor preferencia por un medio de pago como la factura de agua con un 50%; un 25% se inclina por un cobro directo, un 5% prefiere el pago periódico predial y el 20% restante no mostro interés en el medio por el cual se pueda hacer el desembolso.

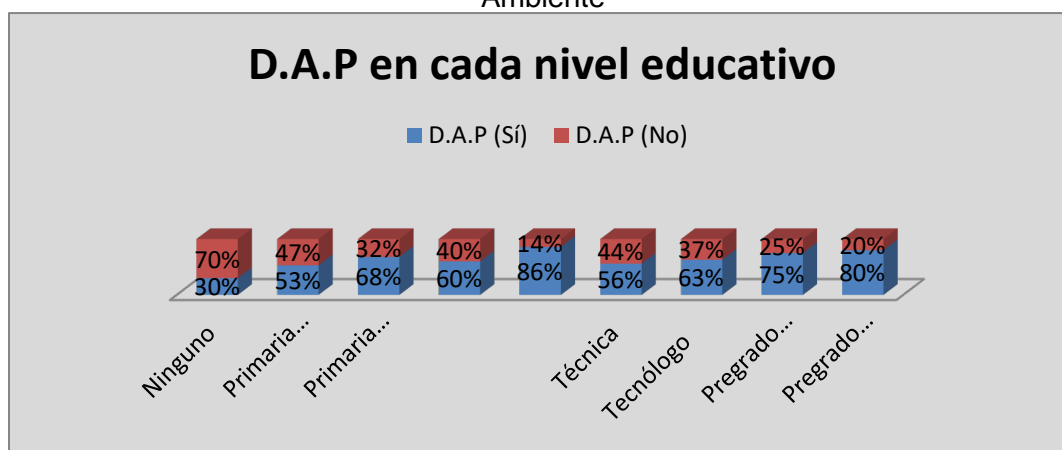


- Cuando se indaga acerca de las razones por las cuales los habitantes de la ciudad no pagarían este tipo de contribuciones, se evidencia los problemas de corrupción con un 70%; seguido de un 12% que desconfía del gobierno local para llevar a cabo este tipo de iniciativas y un 18% considera que los montos actuales de tributación son suficientes para financiar este tipo de iniciativas.

- Al momento de relacionar el nivel educativo con la disposición a pagar por la conservación de un bien natural como es el páramo de Santurbán, se observa que el 59% presentó educación secundaria completa, de los cuales el 86% estarían dispuestos a asumir el pago de esta cuota; seguido de primaria completa con un 15%, en donde esta prevalencia es del 68%, pregrado incompleto 5%, con un porcentaje de disposición de pago del 75%; pregrado completo 3%, con un margen del 80%; secundaria incompleta 2%, con una proporción del 60%; educación técnica 2%, con una relación del 56%; primaria incompleta 12%, con una participación del 53%; tecnólogo 1%, con un nivel de dación del 63%; y finalmente ninguno 1%, con un umbral del 30%.

En la siguiente figura se observa que el nivel educativo guarda una relación directa con la disposición a pagar por proteger el medio ambiente, no obstante, esta situación se observa con mayor prevalencia en los grados medios de educación que en los restantes niveles.

**FIGURA 4.** El nivel Educativo y la Disposición a Pagar por la Conservación del Medio Ambiente



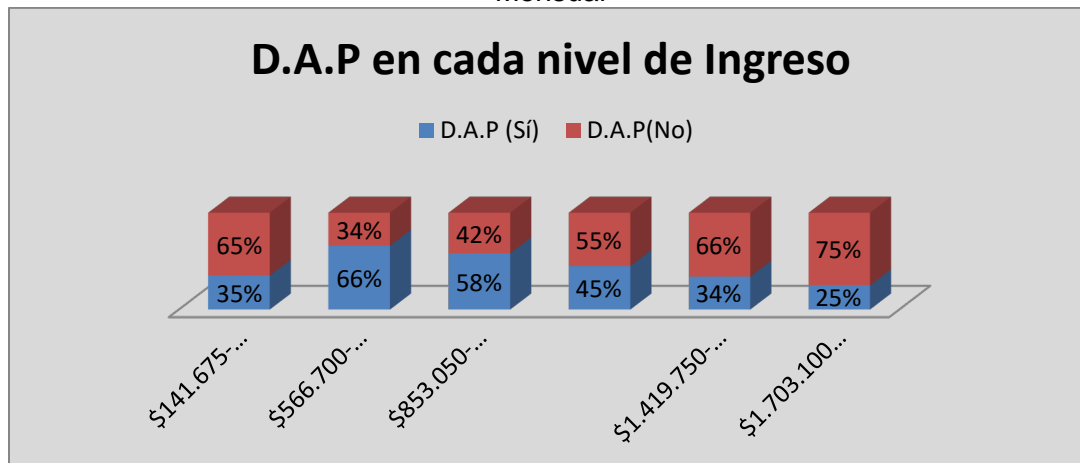
Fuente: Elaboración Propia, 2017

- En lo referente al nivel de ingreso promedio mensual el 66% de devenga un salario promedio mensual entre \$566.700 y \$853.049, de los cuales el 66% estarían dispuestos a asumir el pago de esta cuota; el 25% recibe un salario promedio mensual entre \$853.050 y \$1.136.399, en donde esta prevalencia es del 58%; un 4% percibe un salario que se ubica entre \$141.675 y \$283.349, con un porcentaje de disposición del 35%; otro 2% devenga un salario por más de \$1.703.100, con un margen del 25%; un 2% cuenta con un salario entre \$1.136.400 y \$1.419.749, con una proporción del 45%; y el 1% restante tiene un ingreso promedio mensual entre \$1.419.750 y \$1.703.099, con una participación del 34%.

Se ha planteado en la mayoría de los textos económicos que aquellas personas que poseen un mayor nivel de ingresos, estarían dispuestos a pagar más al momento de adquirir un determinado bien o servicio; planteamiento que parece no aplicar al momento de hablar de la calidad ambiental como bien público, ya que los individuos de ingresos elevados no

estarían dispuestos a pagar más de lo necesario por el cuidado del medio ambiente de su comunidad a diferencia de aquellos que subsisten con un margen menor, tal y como se observa en la siguiente figura.

**FIGURA 5.** Porcentaje de Disposición en los diferentes niveles de Ingreso Promedio Mensual



Fuente: Elaboración Propia, 2017

### Análisis Económico

Con la información disponible se construyeron dos tipos de modelos de regresión Uniecuacionales, en el primero se relacionan los viajeros frecuentes y no frecuentes a la zona del páramo de Santurbán en donde se establece la relación existente entre el número de visitas a dicho lugar, el costo de traslado, en este caso de viaje; la probabilidad de visitar el área, la edad y el ingreso y en el segundo se estructura el respectivo modelo indicativo de disposición de pago de forma lineal en dependencia de variables como el nivel educativo, la ética ambiental, la confianza en el gobierno, la edad y la renta empleada en el primer apartado, en la tabla se compilan los respectivos valores asignados a las variables de estudio para cada una de las ecuaciones que se estimaran:

**Tabla 2.** Estructura de las Variables de Investigación

Variable	Característica	Valor
Número de Visitas al Paramo de Santurbán (Y)	Cuantitativo	Numérico
Disposición a Pagar (D.A.P)	Cuantitativo y Cualitativo	Numérico; 1= Si, 0 = No
Paramo	Cualitativo	1= Si, 0 = No
Costo de Viaje (Cv)	Cuantitativo	Numérico
Edad	Cuantitativo	Numérico
Ingreso Promedio Mensual (YpM)	Cuantitativo	Numérico
Nivel Educativo (Edu)	Cualitativo	1= Si, 0 = No
Ética Ambiental (Em)	Cualitativo	1= Si, 0 = No
Confianza Gubernamental (Cg)	Cualitativo	1= Si, 0 = No
Género (G)	Cualitativo	1= Si, 0 = No

Fuente: Elaboración Propia, 2017

Así entonces empleado el Software Econométrico Eviews 7.0 (versión disponible para Windows 10 en Software Shop), se ha procedido a realizar la regresión lineal para ambos enfoques teóricos: el coste de viaje y la valoración contingente bajo los esquemas ecuacionales ancova y Logit. En la tabla se observa la ecuación estandarizada para viajeros no frecuentes relacionando las variables “Y”, “Cv” y “Paramo”:

**Tabla 3.** Estimación Econométrica para Viajeros No Frecuentes

<b>Dependent Variable: Y</b>				
<b>Method: Least Squares</b>				
<b>Date: 11/21/12 Time: 12:54</b>				
<b>Sample: 1 24</b>				
<b>Included observations: 240</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>C</b>	<b>74.91126</b>	<b>0.136658</b>	<b>548.1649</b>	<b>0.0000</b>
<b>CV</b>	<b>30.75478</b>	<b>13.12560</b>	<b>-2.346689</b>	<b>0.0005</b>
<b>PARAMO</b>	<b>0.014747</b>	<b>0.017383</b>	<b>2.848347</b>	<b>0.0058</b>
<b>R-squared</b>	<b>0.999911</b>	<b>Mean dependent var</b>	<b>9.000000</b>	
<b>Adjusted R-squared</b>	<b>0.999903</b>	<b>S.D. dependent var</b>	<b>2.828427</b>	
<b>S.E. of regression</b>	<b>0.027893</b>	<b>Akaike info criterion</b>	<b>4.204427</b>	
<b>Sum squared resid</b>	<b>0.016338</b>	<b>Schwarz criterion</b>	<b>4.057170</b>	
<b>Log likelihood</b>	<b>53.45312</b>	<b>F-statistic</b>	<b>118240.1</b>	
<b>Durbin-Watson stat</b>	<b>2.471224</b>	<b>Prob(F-statistic)</b>	<b>0.000000</b>	

Fuente: Elaboración Propia en Programa Eviews, 2017

Así entonces el modelo linealizado se puede expresar de la siguiente forma en la ecuación (2):

$$Y = \alpha_0 + B_1Cv + \alpha_1Paramo + \mu \quad (2)$$

Donde

Y = Número de Visitas al Paramo de Santurbán

Cv = Costo de Viaje para trasladarse a la zona del Páramo de Santurbán

Paramo = Posibilidad de viajar en el futuro a la zona del Páramo de Santurbán

$\alpha$  = Valor asignado al intercepto

$B_1, \alpha_1$  = Parámetros de la pendiente

$\mu$  = Valor Estocástico de Error

Al momento de estimar el modelo a través del programa econométrico se obtiene:

$$Y = 74.91126 - 30.75478Cv + 0.014747Paramo$$

### Interpretación Económica

$\alpha_0$  = Si permanecen los demás factores constantes, el número de viajes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán es de 74,9, para aquellos viajeros no frecuentes.

$B_1$  = Si se incrementa en un 1 peso, el costo de viajar al Páramo de Santurbán, el número de viajes no frecuentes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán, disminuiría en 30,7 viajes.

$\alpha_1$  = Si Permanecen los demás factores constantes, el número de viajes no frecuentes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán, será 0,014 mayor para aquellas personas que tienen la posibilidad de visitar la zona.

A partir de lo anterior y dada la razón t-student de los parámetros a nivel individual, puede deducirse que existe significancia estadística para cada uno de ellos, al igual que el modelo en conjunto cuenta con un f-stadistic considerable lo que de antemano permite intuir su significancia combinada.

En la tabla 2 se observa la ecuación estandarizada para viajeros frecuentes relacionando las variables "Y", "Cv" y "Paramo", "Edad" e "YpM".

**Tabla 4.** Estimación Econométrica para Viajeros Frecuentes

<b>Dependent Variable: Y</b>				
<b>Method: Least Squares</b>				
<b>Date: 11/21/12 Time: 12:59</b>				
<b>Sample: 1 24</b>				
<b>Included observations: 240</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>C</b>	<b>74.58380</b>	<b>0.635313</b>	<b>117.3969</b>	<b>0.0000</b>
<b>CV</b>	<b>3.808121</b>	<b>15.64923</b>	<b>-2.400334</b>	<b>0.0308</b>
<b>EDAD</b>	<b>105.5219</b>	<b>121.5082</b>	<b>2.868434</b>	<b>0.0350</b>
<b>LOG(YPM)</b>	<b>27.51800</b>	<b>11.50580</b>	<b>23.91662</b>	<b>0.0000</b>
<b>R-squared</b>	<b>0.999912</b>	<b>Mean dependent var</b>	<b>9.000000</b>	
<b>Adjusted R-squared</b>	<b>0.999899</b>	<b>S.D. dependent var</b>	<b>2.828427</b>	
<b>S.E. of regression</b>	<b>0.028434</b>	<b>Akaike info criterion</b>	<b>4.131421</b>	

<b>Sum squared resid</b>	<b>0.016170</b>	<b>Schwarz criterion</b>	<b>-</b>
<b>Log likelihood</b>	<b>53.57705</b>	<b>F-statistic</b>	<b>75852.44</b>
<b>Durbin-Watson stat</b>	<b>2.696430</b>	<b>Prob(F-statistic)</b>	<b>0.000000</b>

Fuente: Elaboración Propia en Programa Eviews, 2017

El modelo linealizado se puede expresar de la siguiente forma en la ecuación (3):

$$Y = B_1 + B_2Cv + B_3Edad + B_4 \ln YpM + \mu \quad (3)$$

Donde

$YpM$  = Ingreso Promedio Mensual

$\ln$  = Logaritmo natural que permite medir de forma directa la elasticidad ingreso referente al número de visitas a la zona del Páramo de Santurbán

Al momento de estimar el modelo a través del programa econométrico se obtiene:

$$Y = 74.58380 - 3.808121Cv + 105.5219Edad + 27.51800 \ln YpM$$

### Interpretación Económica

$B_1$ = Si permanecen los demás factores constantes, el número de viajes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán es de 74,5 para aquellos viajeros frecuentes.

$B_2$ = Si se incrementa en un 1 peso, el costo de viajar al Páramo de Santurbán, el número de viajes frecuentes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán, disminuiría en 3,80 viajes.

$B_3$ = si se incrementa en un año la edad, el número de viajes frecuentes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán, aumentaría en 105,5 viajes.

$B_4$ = Si se incrementa en un 1%, el ingreso Promedio Mensual, el número de viajes frecuentes de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta hacia el Páramo de Santurbán, aumentaría en viajes un 27,5%.

La razón t-student de los parámetros a nivel individual, permite deducir que existe significancia estadística para cada uno de ellos, al igual que el modelo en conjunto cuenta con un f-stadistic considerable lo que de antemano permite intuir su significancia combinada.

Una vez que se ha demostrado que no existe una alta frecuencia en el número de viajes a la zona del páramo de Santurbán por parte de los habitantes del municipio de San José de Cúcuta, se procede a estimar la disponibilidad de estos para proteger esta zona, previa explicación de manera concisa de las características de este lugar y su importancia para el entorno natural local, aplicando el método de valoración contingente.

### Modelo Ancova

Un modelo econométrico de naturaleza es aquel que combina tanto variables cualitativas como cuantitativas dentro de un modelo de regresión (Perdiguer, F, 2013), el cual a su vez es creado a partir del trabajo de campo orientado durante el proceso investigativo, empleando el Software Econométrico Eviews 7.0 (versión disponible para Windows 10 en Software Shop), para regresar la variables: “D.A.P”, “YpM”, “Edu”, “Edad”, “Cg”, “Em” y “G”

**Tabla 5. Modelo de Valoración Contingente**

<b>Dependent Variable: DAP</b>				
<b>Method: Least Squares</b>				
<b>Date: 11/24/12 Time: 12:54</b>				
<b>Sample: 1 120</b>				
<b>Included observations: 240</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>C</b>	<b>-18483.93</b>	<b>15961.83</b>	<b>-1.158008</b>	<b>0.2493</b>
<b>LOG(YPM)</b>	<b>688.7984</b>	<b>125.9141</b>	<b>5.467038</b>	<b>0.0000</b>
<b>EDAD</b>	<b>1128.062</b>	<b>76.31977</b>	<b>14.78074</b>	<b>0.0000</b>
<b>EDU2</b>	<b>339.1672</b>	<b>133.7222</b>	<b>2.544072</b>	<b>0.0002</b>
<b>EDU3</b>	<b>314.5284</b>	<b>133.8003</b>	<b>2.360902</b>	<b>0.0005</b>
<b>CG</b>	<b>535.5420</b>	<b>133.9491</b>	<b>4.022255</b>	<b>0.0006</b>
<b>G</b>	<b>438.6868</b>	<b>135.6943</b>	<b>3.244444</b>	<b>0.0000</b>
<b>EM</b>	<b>125.8792</b>	<b>60.65402</b>	<b>2.075364</b>	<b>0.0000</b>
<b>R-squared</b>	<b>0.931451</b>	<b>Mean dependent var</b>	<b>30750.00</b>	
<b>Adjusted R-squared</b>	<b>0.927811</b>	<b>S.D. dependent var</b>	<b>17392.53</b>	
<b>S.E. of regression</b>	<b>4673.023</b>	<b>Akaike info criterion</b>	<b>19.79356</b>	
<b>Sum squared resid</b>	<b>2.47E+09</b>	<b>Schwarz criterion</b>	<b>19.95617</b>	
<b>Log likelihood</b>	<b>1180.614</b>	<b>F-statistic</b>	<b>255.9088</b>	
<b>Durbin-Watson stat</b>	<b>0.051750</b>	<b>Prob(F-statistic)</b>	<b>0.000000</b>	

Fuente: Elaboración Propia en Programa Eviews, 2017

El modelo linealizado se puede expresar de la siguiente forma en la ecuación (4):

$$D.A.P = \alpha_0 + B_1 \ln YpM + B_2 \text{Edad} + \alpha_1 \text{Edu2} + \alpha_2 \text{Edu3} + \alpha_3 G + \alpha_4 Cg + \alpha_5 Em + \mu \quad (4)$$

Donde:

D.A.P = Disposición a Pagar

YpM = Ingreso Promedio Mensual

Edu = Nivel Educativo; (2 = Secundaria, 3 = Pregrado)

Em = Ética Ambiental

Cg = Confianza en el Gobierno

G = Genero

Al momento de estimar el modelo a través del programa econométrico se obtiene:

D.A.P=  $-18483.93 + 688.7984 \ln YpM + 1128.06 \text{Edad} + 339.1672 \text{Edu}^2 + 314.5284 \text{Edu}^3 - 438.68G - 535.54Cg + 125.87Em$

### **Interpretación Económica**

$\alpha_0$ =Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar de los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta, por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán es de \$18483.93 pesos inferior, en especial para aquellas personas que aún no hayan culminado su educación Primaria.

$B_1$ =Si se incrementa en un 1%, el ingreso promedio mensual, la disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán se incrementaría en \$688.79 pesos.

$B_2$ =Si se incrementa en un año la edad, la disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán se incrementaría en \$1128.06 pesos.

$\alpha_1$ = Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán será \$339.16 pesos superior, para aquellas personas que hayan culminado su educación secundaria que para quienes no.

$\alpha_2$ =Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán será \$314.52 pesos superior, para aquellas personas que hayan culminado su educación superior que para quienes no.

$\alpha_3$ =Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán será \$438.68 pesos inferior, para aquellas de sexo femenino.

$\alpha_4$ =Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán será \$535.54 pesos inferior, para aquellas personas que tienen una menor confianza en el gobierno local, que para aquellos que confían en él.

$\alpha_5$ =Si permanecen los demás factores constantes, el nivel promedio de disposición a pagar por la implementación de una política de conservación del Páramo de Santurbán será

\$125.87 pesos superior, para aquellas personas que poseen un mayor criterio de preocupación ambiental que para aquellos que no.

El estadístico t-student de los parámetros a nivel individual, permite entender que existe significancia individual para cada uno de los parámetros a excepción del intercepto que se asocia con la educación primaria no completa, lo que permite de antemano la poca prevalencia dentro de la muestra de componentes que cumplieren con este criterio, de otra parte en relación con la significancia conjunta y el enfoque determinístico también es significativo ya que el coeficiente de determinación o  $R^2$ , tanto como el f-stadistic, presentan un grado importante de significancia estadística conjunta.

A partir de los resultados anteriores y con base a la teoría económica que sustenta los métodos empleados, puede crearse el indicador de responsabilidad ambiental para la ciudad de Cúcuta enfocado a bienes naturales como el páramo de Santurbán y que se obtiene a partir de la multiplicación del valor total promedio de la disposición a pagar por el total de viviendas habitadas, desde la concepción teórica una mayor calidad del medio se percibe no solo a nivel personal sino también por el lado de sus parientes cercanos, al construir este tipo de mediciones se puede descubrir la forma como los cucuteños valoran el medio ambiente de su entorno, para lo cual se parte de una fórmula matemática que se representa en la ecuación (5):

$$D.A.P_t = (\# \text{ Hab}/N_e) * D.A.P_p \quad (5)$$

Donde:

D.A. Pt =Indicador de Responsabilidad Ambiental

# Hab = Número de Habitantes

Ne= Número de Encuestados

D.A.P<sub>p</sub> = Promedio de disposición a pagar

Con el objeto de obtener una estimación, de la disposición de pago total, para el municipio de San José de Cúcuta y de acuerdo al enunciado de Paul Samuelson sobre el papel de los bienes públicos. Se parte del total de viviendas encuestadas para este caso dividiendo el total poblacional sobre el número de habitantes por casa. Se obtuvo así un valor de viviendas, esto a su vez se multiplica por el promedio total de disposición a pagar de la muestra, generando un resultado de \$26.290.458 millones de pesos.

Se puede demostrar que los habitantes del Municipio de San José de Cúcuta, no creen que se deba implementar una política de protección del Páramo de Santurbán, ya que se entiende que esta es una obligación del gobierno local y las entidades autónomas regionales.



## Discusión

Partiendo de la teoría utilitarista, el medio ambiente tiene valor en cuanto proporciona beneficios a los seres humanos, en donde los cambios en los grados de satisfacción, cuando se reducen pueden ser valorados y expresados en términos monetarios, lo que permite hacer comparaciones entre alternativas de corrección; los recursos naturales constituyen el primer factor de producción y su utilización intensiva requiere que se establezca una serie de medidas remediales para menguar los efectos negativos que se abaten sobre estos (Samuelson,1998).

Se asume entonces que el principio universal de la actividad económica debe ser maximizar el bienestar del individuo, con una gama amplia de bienes, sustituibles entre ellos, que a su vez permite conocer la disposición a pagar que se tiene al momento de adquirir un bien que se prefiera por encima de otro.

Así se puede obtener la cantidad máxima de dinero que el individuo está dispuesto a ceder, antes de renunciar a un incremento en la dotación de un bien; o la mínima cantidad que el individuo se dispone a aceptar a cambio de renunciar a su sistema de bienestar actual, en síntesis lo que se valora son las preferencias de la gente ante cambios en las condiciones del ambiente y sus posiciones sobre las fluctuaciones en las condiciones de riesgo, es así como la conservación de la zona del páramo de Santurbán permitirá que las fuentes de agua que surten las necesidades de la ciudad y del departamento se mantenga lejos de la presencia de acciones contaminantes que puedan incidir de forma negativa en el stock natural del área como puede ser la explotación minera de oro y la expansión de la frontera agrícola.

Puede deducirse entonces que el valor económico de un ecosistema corresponde a la sumatoria del valor de uso y el valor de no uso; en donde el primero a su vez puede ser directo o indirecto y el segundo puede ser futuro, altruismo y la existencia, la valoración económica de beneficios ambientales requiere determinar de antemano la existencia de un producto o servicio tangible que para la presente investigación se enfoca en la calidad del agua proveniente de la zona del páramo de Santurbán, que abastece a su vez los ríos Pamplonita y Zulia respectivamente y que perciben los habitantes del municipio, así como el grado de disponibilidad con que cuentan al momento de emprender acciones de conservación de este tipo de lugares para lo cual se recurren a los respectivos excedentes tanto del productor como del consumidor, los cuales tienden a variar ante cambios en el precio de los bienes específicos o en sus pares sustitutos, para encontrar el beneficio económico de un plan de conservación ambiental se debe partir de la construcción de un mercado propio para el bien en cuestión para lo cual en el caso de la presente investigación se ha acudido a los mismos ciudadanos quienes a partir de un mecanismo de encuesta y una información básica ha determinado el monto y los medios bajo los cuales estarían dispuestos a mejorar su función de bienestar a partir del cuidado de un elemento colectivo como es el páramo de Santurbán.

En el mercado hay una serie de fallas que afectan la gestión de los espacios naturales, como son la consideración de los bienes públicos, la presencia de externalidades y la carencia de derechos de propiedad, los mecanismos de valoración pueden ayudar a aquellos recursos naturales afectados por estas fisuras, midiendo sus costos para la sociedad en términos de pérdida de beneficios, lo que justifica la aplicación de ciertas políticas y programas.

## CONCLUSIÓN

Al aplicar dos de los métodos de valoración de beneficios ambientales como son el coste de viaje y la valoración contingente para la zona del páramo de Santurbán involucrando a los habitantes de la ciudad de Cúcuta, se puede llegar a plantear que existe un importante grado de desconocimiento respecto de este lugar y su importancia biológica, por lo que se hace necesario continuar desarrollando mecanismos de sensibilización y apropiación del capital natural local por parte de los entes académicos y gubernamentales respecto de la protección eficiente de los ecosistemas a partir de la medición económica apropiada para cada uno de ellos, ya que en razón de los resultados anteriores puede deducirse que en el panorama actual la relación entre los niveles de ingreso y la disponibilidad para asumir un tributo destinado a la protección de lugares como el referenciado es completamente inelástica lo que de antemano evidencia un problema mucho más complejo, la inexistencia de un valor óptimo para los recursos naturales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen de forma especial al Servicio Nacional de Aprendizaje, así como al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA por su colaboración efectiva en la elaboración de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Aguilera Klink, Federico y Alcántara, Vicente 2014. "De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica". Barcelona: Icaria: Fuheman4512, D.I.
- Alcaldía Municipal de San José de Cúcuta. 2017. Secretaria de Planeación corporativa y Social {En línea} {2 de Junio de 2017} disponible en: ([www.alcaldiadesanjosedecucuta.gov.co/departamentodeplaneacionestrategicaycorporata](http://www.alcaldiadesanjosedecucuta.gov.co/departamentodeplaneacionestrategicaycorporata))
- Álvarez Farizo, Barberan Sánchez, M. 2012 Valoración del Tiempo en Demanda Recreativa. Comparación de Resultados del análisis conjunto y la Valoración Contingente. XXIV, Reunión de Estudios Regionales Zaragoza.
- Azqueta, D. 2013, "Métodos para la Determinación de la Demanda de Servicios Recreativos de los Espacios Naturales", en Azqueta, D. y Pérez y Pérez, L.(Eds.), Gestión de Espacios Naturales. La Demanda de Servicios Recreativos, McGraw- Hill, Madrid.
- Bateman, I. 2014: «Valuation of the Enviroment, Methods and Techniques: Revealed Preferences Methods», en Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice, R. Kerry Turner. Belhaven Press. London.
- Bishop, R.C., Champ P. y Mullarkey,D. 2015, "Contingent valuation", en Bromley, D.W. (Ed.), Handbook of Environmental Economics, Blackwell Publishers, Oxford.

- Bockstael, N. E.; McConnell, K. E. y Strand, I. 2014: «Recreation», en Braden, J.B. y Kolstad, C. D. (eds.), *measuring the demand for environmental quality*, North Holland.
- Bovenger, A.L and Mooij , R.A. 2013. Environment Levies and Distortionary Taxation. *American Economic Review*.
- Boyle, Kevin J. and Richard C. Bishop. 2010 valuing wild life in benefit cost analyses. A case study involving endangered species, water and resources research volume: 23; nume Morales M., Otero J., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N.
- Castro, Jany J.N. 2012. Investigación Integral de Mercados. Norma 50-70.
- Clawson, M. 2014, "Methods of Measuring the Demand for the Value of Outdoor Recreation" Reprint # 10, Resources for the Future, Blatimore.
- Coase, R.H. 2010. "The Problem of social Cost", *Journal of Law and Economics*. Washington D.C, 4b-5b.
- Corponor. 2015 Estado Actual del Páramo Unidad Biogeográfica Santurbán, Departamento Norte de Santander.
- Departamento Nacional De Estadística. 2017. Dane, Cuentas Nacionales. {En línea} {11 de Septiembre de 2017} disponible en: ([www.dane.gov.co/cuentasnacionales](http://www.dane.gov.co/cuentasnacionales)).
- Escobar, L. 2014. Análisis de Factibilidad Socioeconómica del Proyecto de Gestión Integral del Ecoparque Lago de las Garzas, Documento CVC, Santiago de Cali.
- Freeman, A.M. III.2013. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods. Washington, DC, Resources for the Future.
- Garrido, A., Gómez –Limón, J., Lucio, V.y Mugia, M. 2014, "Estudio del uso y valoración del parque regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid) mediante el Método del Coste de Viaje", en Azqueta, D. y Pérez y Pérez, L.(Eds.), *Gestión de Espacios naturales. La Demanda de Servicios Recreativos*, McGraw-Hill, Madrid.
- Gujarati, N. Damodar. *Econometría*. 2005 Regresión en una Variable Dependiente Dicotoma: Modelo MPL, Logit y Probit. Segunda Edición. Nueva York. McGraw-Hill, 420p.
- Hanemann, W.M. 2011. "Welfare Evaluations In Contingen Valuation Experiment With Discrete responses" en *American Journal of Agricultural Economics*. Vol.63, num.3, pp.332-341.
- Hanley, Nick, Jason F. Shogram and Ben White 2010. *Environment Economics in theory and practice*. Oxford university press.
- Holmes, Jhon R. 2014. *Managing solid wastes in developing countries*. Editorial Willey. United States.

- Hotelling, H. 2011: "The Economics of Public Recreation" en The Prewitt Report. Department of The Interior. Washington, D.C.
- Kunze, V. (2011). Estimación de la demanda por recursos naturales, Método de Coste de Viaje: Lago Llanquihue, Facultad de ciencias de la Económicas y administrativas, Universidad de Chile.
- Mäler, K. G. 2010: *Environmental Economics: A theoretical Inquiry*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- McConnell, K.E. 2009, "The Economics of Outdoor Recreation", en Kneese, A. y Sweeney, J.L. (Eds.), *Handbook Natural Resource and Energy Economics*, Elsevier Science Publisher.
- Merck and Myers. 2011. "Outdoor Recreation", in Dorfman, R. *Measuring Benefits of Government Investment*, Washington, D.C . The Brookings Institution.
- Perdiguer, F. 2013. El valor de uso recreativo de los espacios naturales protegidos. Una aplicación de los métodos de valoración contingente y coste de viaje. *Revista Estudio de Economía Aplicada*. Volumen 21-2, págs. 297-320.
- Platteau, J.P. 2014. Behind the market stage where real societies exist, *Journal of development studies*. Volumen 30. 533-577.
- Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente. 2017. P.N.U.M.A. {En línea} {10 de Septiembre de 2017} disponible en: ([www.onu.org.co/pnuma/ambiente](http://www.onu.org.co/pnuma/ambiente)).
- Riera, P.; Descalzi, C. y Ruiz, A. 2014: "El valor de los espacios de interés natural en España. Aplicación de los métodos de la valoración contingente y el coste del desplazamiento", *Revista Española de Economía*, n.º monográfico «Recursos Naturales y Medio Ambiente»: pp. 207-230.
- Samuelson, Paul. 1998. *Microeconomía Aplicada*: McGraw-Hill. Colombia. Pag. 112-130.
- Velázquez, J.D. 2013. Valoración recreacional del parque Nacional Natural del "Cocuy". Tesis de maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá Colombia.
- Yañez C., y Bustamente, M. 2011. Valor Económico de los Beneficios Derivados de la Reserva Nacional Río de los Cipreses, Departamento de Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA, CARGA DE CELULARES E ILUMINACIÓN, AUTOMATIZADO

IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR  
WATER PUMPING, CELL PHONE CHARGING AND LIGHTING,  
AUTOMATED



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA, CARGA DE CELULARES E ILUMINACIÓN, AUTOMATIZADO**

## **IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR WATER PUMPING, CELL PHONE CHARGING AND LIGHTING, AUTOMATED**

Elquin Mejía Suarez  
Eliana Jiménez Córdoba  
Esmerlis Camargo Torres  
Centro Industrial y de Energías Alternativas – Sena Regional Guajira

### **RESUMEN**

Actualmente, una de las aplicaciones tecnológicas de la energía solar fotovoltaica con más proyectos, son los sistemas de bombeo de agua utilizando paneles solares fotovoltaicos, su implementación técnica ofrece ventajas muy importante en caudal de agua suministrado, costos de funcionamiento y mantenimiento, frente a los sistemas de bombeo tradicionales utilizados en comunidades ubicadas en zonas no interconectadas (ZNI), como lo son las motobombas que utilizan combustibles fósiles y los molinos de viento de mayor utilización. El propósito de esta investigación, fue implementar un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua con una automatización electrónica que permita cargar un banco de baterías con los mismos paneles solares fotovoltaico, y así utilizar la energía almacena para la iluminación del sitio y para cargar los celulares por parte de la comunidad, se obtendrá mayor eficiencia en el suministro de agua, energía eléctrica y disminuir costos de funcionamiento. El tipo de investigación es experimental, aplicada, de campo y transeccional. La población estuvo conformada por comunidades wayuu en zonas no interconectadas. Logró comprobarse que el uso razonable de la energía solar fotovoltaica es una solución técnicamente viable que permite mejorar la calidad de vida de las comunidades aisladas las cuales nunca tendrán un servicio de energía eléctrica convencional y esta aplicación les permite tener agua para proyectos productivos y energía eléctrica para iluminación y carga de celulares.

**Palabras clave:** sistemas de bombeo, energía solar, sistema fotovoltaico autónomo.

### **ABSTACT**

Currently, one of the technological applications of photovoltaic solar energy with more projects, are water pumping systems using photovoltaic solar panels, its technical implementation offers significant advantages in water flow supplied, operating costs and maintenance, compared to traditional pumping systems used in communities located in non-interconnected areas (ZNI), such as motor pumps that use fossil fuels and windmills of

greater use. The purpose of this research was to implement a photovoltaic system for pumping water with an electronic automation that allows to charge a bank of batteries with the same photovoltaic solar panels, and thus use the energy stored for the lighting of the site and to charge the cell phones by the community, will obtain greater efficiency in the supply of water, electricity and lower operating costs. The type of research is experimental, applied, field and transectional. The population was made up of Wayuu communities in non-interconnected zones. It was proven that the reasonable use of photovoltaic solar energy is a technically viable solution that allows improving the quality of life of isolated communities which will never have a conventional electricity service and this application allows them to have water for productive projects and electricity for lighting and cell phone charging.

**Keywords:** pumping systems, solar energy, autonomous photovoltaic system.

## INTRODUCCION

La investigación y apropiación de conocimiento por parte de los instructores y aprendices del SENA, en tecnologías y aplicaciones de las energías renovables de última generación, es un esfuerzo institucional que incentiva y promueve el aprovechamiento de las fuentes Renovables, ya que la implementación de estos sistemas eficientes de generación, servirán como proyectos modelos, que podrán ser replicados en comunidades en zonas no interconectadas, para reducir de una forma notable los costos por el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores productivos del país y adicionalmente reducir las emisiones de gases efectos invernaderos, constituyéndose en productores verdes, de esta forma nuestros aprendices puedan proponer estas ideas innovadoras a empresas u organizaciones y porque no ser emprendedores en estas temáticas. Las tecnologías actuales en aplicaciones de energía solar fotovoltaica para el bombeo de agua tienen un gran potencial ya que muestran una gran eficiencia en su funcionamiento y la utilización de una fuente energética inagotable como lo es el sol. A criterio de González (2010), el bombeo de agua a pequeña escala es de trascendencia a nivel mundial teniendo especial impacto en comunidades rurales, donde no existe suministro de energía eléctrica convencional.

De esta manera, el bombeo de agua en pequeña escala, basado en tecnología solar fotovoltaica, es una de las aplicaciones más relevantes y de gran interés en toda Colombia y sobre todo en el departamento de La Guajira, donde tenemos una problemática social debido a la escasez del preciado líquido en las poblaciones ubicadas en las zonas no interconectadas a las redes eléctricas, estos sistemas pueden ser una solución para muchas comunidades alejadas que no tienen más alternativa que la extracción de agua de pozos profundos, como es el caso de la comunidad wayuu Meridaily ubicada en el Km 8 via Riohacha – Valledupar, la cual cuenta con un molino de extracción de agua que se encuentra dañado, cuando estaba en buen estado no bombeaba la cantidad de agua necesaria para abastecer el consumo de la comunidad, los animales y las siembras de alimentos, de esta problemática surge la propuesta de implementar un sistema solar fotovoltaico para el bombeo de agua con el caudal que cubra la necesidad total de la comunidad en el uso del precioso líquido y además que integre un sistema fotovoltaico autónomo que les permita tener iluminación y cargar celulares.

La viabilidad de esta propuesta está sustentada en la regulación de la ley 1715 de energías renovables para Colombia, la cual busca incentivar y promocionar la utilización de fuentes de generación de energía eléctrica con recursos renovables, con el objetivo de mejorar la matriz energética del país, permitiendo la autogeneración de energía, de esta manera se contribuye en la reducción de emisión de contaminantes para nuestro planeta.

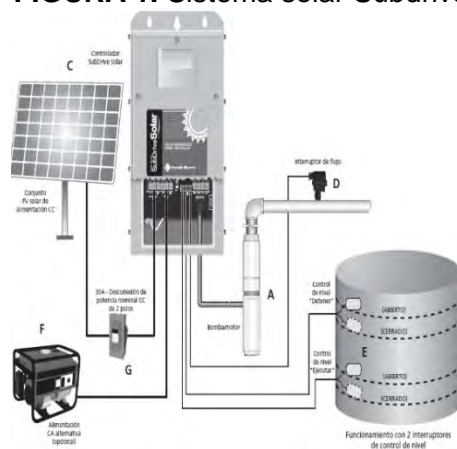
En esta investigación se aborda la tecnología de los sistemas Fotovoltaicos para bombeo de agua, su implementación y detalles técnicos de su funcionamiento, debido a que los sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua convencionales, no permiten energizar otro tipo de elementos consumidores de energía, así se diseñó un sistema fotovoltaico autónomo con su respectivo automatismo de control, el cual nos servirá para carga de celulares e iluminación.

## FUNDAMENTO TEORICO

Los sistemas de bombeo de agua solares fotovoltaicos se han implementado por todo el mundo brindando sostenibilidad a los proyectos productivos desarrollados en las comunidades. Según Cruz (2011), el bombeo de agua con energía solar fotovoltaica presenta una aplicación de gran interés en sistemas que son aislados, demostrando esta tecnología ser un modo efectivo de suministro de agua potable para usuarios y comunidades rurales, además de aplicaciones en sectores agrícolas y ganaderos.

Una instalación de bombeo fotovoltaico está compuesta principalmente por un generador FV, un motor/bomba, un pozo, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación. Se puede disponer de un sistema de acondicionamiento de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC) de acople entre el generador FV al motor, para poder operar motores AC o para incrementar el rendimiento medio diario en sistemas con motores DC que accionen bombas de desplazamiento positivo.

**FIGURA 1.** Sistema solar Subdrive



Fuente: Manual subdrive solar

El sistema debe estar debidamente instalado y protegido, utilizando sensores de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación para evitar el desperdicio del agua y la operación en vacío. A pesar de que se instalan bombas de superficie o flotantes, la configuración más



habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo tal y como muestra la figura anterior.

Al respecto, el funcionamiento de los sistemas de bombeo con energía solar fotovoltaica es bastante practico ya que los paneles solares orientados al Sol transforman la energía electromagnética proveniente del sol, en electricidad en forma de corriente directa que sirve para alimentar el regulador inversor fotovoltaico el cual en una forma controlada energiza el motor acoplado a la bomba que extrae el agua del subsuelo y es llevada a un tanque de almacenamiento, este método es el típico bombeo indirecto, en los casos en que la instalación cuenta con batería, los paneles alimentan la batería y está a la bomba sin almacenamiento de agua es conocido como bombeo directo.

Para Guerrero (2017), los elementos de estos sistemas de bombeo solar son: un grupo de paneles fotovoltaicos; Un regulador de bombeo, el cual permite hacer u seguimiento del punto de máxima potencia, consiguiendo maximizar la potencia captada y aumentar la intensidad de corriente producida, reduciendo la tensión y permitiendo así que las bombas volumétricas puedan funcionar con un rendimiento adecuado y constante; Un motor, el motor acciona la bomba; Una bomba de agua, esta transforma la energía mecánica en energía hidráulica; Un deposito, solo será necesario usando haya que almacenar el agua en sistemas de solar directo; Una o varias baterías, estarán presentes en los sistemas de bombeo con acumulación eléctrica. El empleo de baterías obliga a instalar un regulador de tensión, cuya misión es impedir que las baterías se sobrecarguen o sufran descargas que las puedan dañar. Dichos reguladores instalaran en el sistema de generador y baterías; Un inversor, será necesario cuando el motor sea corriente alterna. No obstante, existen grupos de motobombas de corriente alterna que integran un inversor dentro de su carcasa y, por lo tanto, pueden conectarse directamente a los paneles solares fotovoltaicos; Tuberías, para evitar la pérdida de carga es bueno que las tuberías tengan una gran longitud y diámetros pequeños, cumpliendo siempre las especificaciones necesarias de cada instalación; Sistema de unión, pueden ser brindadas, uniones soldadas y uniones pegadas. En las uniones de tuberías se puede olvidar las juntas de dilatación u otros elementos similares para absorber las formaciones absorbidas por la dilatación; • Válvulas, pueden ser de acondicionamiento manual o automáticas y se encargan de abrir y cerrar las conducciones.

**FIGURA 2.** Sistema de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Guerrero (2017), asevera que existen instalaciones donde el generador fotovoltaico alimenta un grupo de bombeo de agua. Estos sistemas pueden llevar o no baterías, aunque muchos carecen de ellas puesto que el almacenamiento de agua se realiza en depósitos y,

por tanto, en el caso de que no las lleven (bombeo solar directo), se aprovechan los periodos en los que existen radiación solar para bombear el agua hasta los depósitos, de donde se extraerá cuando sea necesaria. Cuando el sistema de bombeo lleve baterías, estas acumularán la energía eléctrica para hacer funcionar la bomba en el momento en que se desee extraer el agua, independientemente de que en ese momento haya o no radiación solar. Los sistemas solares fotovoltaicos de bombeo suelen ser aislados o autónomos.

### **Los componentes principales del sistema son:**

**a.) Generador fotovoltaico:** El panel solar es el encargado de transformar la energía solar representada en fotones en energía eléctrica. El tipo de electricidad que proporcionan los paneles solares fotovoltaicos es de corriente continua, con valores de potencia, voltaje y corriente de acuerdo al modelo del módulo y marca. El número de paneles quedará determinado por la potencia que se necesita suministrar a la bomba, de acuerdo al caudal de agua a bombear y presión de suministro.

Asimismo, la disposición y forma del conexionado de los paneles (en serie o en paralelo), será en función de la tensión nominal y la intensidad de corriente necesaria para el accionamiento del motor eléctrico de la bomba.

Para García (1999), es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar energía necesaria para el consumo. Como quiera que la irradiación solar varía en el tiempo debido a las condiciones climatológicas, la hora del día, etcétera, y el valor de la intensidad de corriente que da el campo de paneles es aproximadamente proporcional a aquella, si queremos disponer de energía durante cualquier instante, es preciso contar con un acumulador de energía.

Los paneles solares se sitúan sobre estructura metálica a cierta altura, para evitar que se proyecten sombras sobre la superficie de los paneles debido a la presencia de árboles o de cualquier otro obstáculo cercano. La conexión entre las células que conforman el panel puede ser en serie y/o en paralelo, con el fin de adaptar el panel solar a los niveles de tensión y corriente requeridos.

Cada célula de las que compone un panel fotovoltaico es capaz de ofrecer una tensión del orden de 0,5 voltios y una potencia eléctrica alrededor de los 3 vatios, aunque este valor dependerá de la superficie que mida la célula. De esta manera la potencia que pueda ofrecer el conjunto de células que conforman un módulo dependerá del número de células que posea, estando diseñado para el suministro eléctrico en corriente continua (CC), también llamada directa (DC), a un determinado voltaje (normalmente 12 ó 24 V).

La tensión e intensidad de corriente que es capaz de ofrecer un panel fotovoltaico dependerá por tanto, del número de células que disponga y el tipo de conexión entre células.

Como norma general, los paneles solares se fabrican disponiendo primero las células necesarias conectadas en serie hasta que se alcance la tensión que se desee a la salida del panel, y a continuación, estos ramales de células se asocian en paralelo hasta alcanzar el nivel de corriente deseado.

**FIGURA 3.** Páneles solares



Fuente: Elaboración propia, 2017.

**b.) La electrobomba:** Según Fernández (2010), es el elemento encargado de tomar el agua del pozo e impulsarla hasta el lugar en donde se requiere. Existen múltiples tipos de bombas en función de la técnica de impulsión que utilicen, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: centrífugas y volumétricas. También existen otras divisiones como las bombas sumergibles y las no sumergibles (en el agua del pozo) o aquellas que trabajan con corriente continua o corriente alterna. Este último tipo de bomba para poder para poder conectarla en paneles solares o a la batería requerirá de un convertidor de corriente.

También conocida como electrobomba está formado por un motor que acciona una bomba de agua. En general, los motores pueden ser de corriente continua (DC) o de corriente alterna (AC). Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo. Por su situación en el pozo los sistemas motor-bomba pueden ser sumergibles, flotantes o de superficie.

Para S. L. Innovación y Cualificación (2017). Un motor es un sistema que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. El motor acciona la bomba. La selección de un motor depende de su rendimiento, disponibilidad, confiabilidad y costos. Los motores que precisan en aplicaciones de bombeo fotovoltaico deben ser de pequeña potencia y tener rendimientos más elevados y, por ello, resultan más costosos.

Comúnmente en aplicaciones fotovoltaicas se usan dos tipos de motores, de corriente continua DC y de Corriente alterna AC. Corriente continua: aquella en la que su intensidad es constante y el movimiento de las cargas siempre es en el mismo sentido; Corriente alterna: corriente variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica; DC y AC son los acrónimos en inglés para referirse a corriente continua CC y corriente alterna CA, respectivamente

Cuando los paneles alimentan directamente a la bomba a través del controlador - inversor se produce una fluctuación del flujo del agua bombeada en función de la variación de potencia suministrada por el sistema esto se debe a la variación de la intensidad de la radiación solar a lo largo del día. Así en las primeras horas el flujo de agua será pequeño e irá aumentando conforme nos acercamos a las horas centrales del día cuando es máxima la radiación. A partir de este momento vuelve a descender hasta que se hace nulo en el momento de anochecer.

Las bombas solares trabajan por lo general sin baterías, conectadas directamente a los paneles fotovoltaicos a través del regulador o controlador de carga. Son bombas en acero inoxidable para soportar la agresividad de las aguas subterráneas, y disponen de un motor eléctrico de corriente continua (CC/DC), a una tensión nominal que puede abarcar desde bombas que funcionan a 12/24V hasta modelos de bombas diseñadas para ofrecer grandes caudales y presiones con tensiones nominales de entre 300 y 500 Voltios.

Es necesaria la instalación de sondas de nivel de agua en el interior del pozo para evitar que el nivel del agua pueda descender durante el bombeo por debajo de la boca de aspiración de la bomba, evitándose así que la bomba trabaje en seco.

Toda bomba deberá trabajar cerca de su máximo rendimiento, el cual se alcanza sólo en un estrecho margen de caudal, que será el criterio que se emplee para la selección del tipo de bomba. Esta información aparecerá en las curvas de funcionamiento de la bomba que deberán ser suministradas por el fabricante en sus catálogos técnicos.

Otro aspecto que influye en el rendimiento de una bomba de tipo sumergible es su diámetro, es decir, lo ancha que resulte ser. En general, cuanto mayor sea el diámetro de una bomba sumergible mejor será su rendimiento, por lo que en la mayoría de las veces, se tenderá a elegir modelos de bombas lo más anchas posible.

Sin embargo, la anchura máxima de una bomba quedará limitada por el diámetro del pozo donde se sumerja, es decir, lo ancho que sea el pozo. En este sentido, el rendimiento de una bomba sumergible estará influenciado de manera importante por el espacio libre que queda entre la pared del pozo y la carcasa de la bomba.

En general, se recomienda que se instale la bomba lo más centrada posible en el hueco del pozo para que ésta quede rodeada en todo su perímetro por agua, debiendo existir una distancia lateral mínima entre el perímetro de la bomba y la pared interior del pozo. Además, otro motivo para mantener un espacio de agua suficiente que rodee a la camisa de la bomba es la de asegurar una refrigeración eficiente del motor de la bomba que absorba el calor que se genera durante su funcionamiento.

En otro orden de cosas, la tubería ascendente de la bomba, o tubería de impulsión, estará condicionada por el diámetro de salida de la bomba, según el modelo de bomba seleccionado para el caudal y presión de servicio establecidos.

**FIGURA 4.** Tubería de impulsión



Fuente: Elaboración propia, 2017.

**c.) Acondicionamiento de potencia: El controlador-inversor** es el encargado de recibir el potencial eléctrico proveniente de los paneles solares, verifica los parámetros eléctricos y si están dentro de los rangos establecidos por el fabricante, envía voltaje al motor de la bomba la energiza e inicia el bombeo de agua, este dispositivo electrónico se encarga de controlar el funcionamiento óptimo de la bomba de agua. El controlador ayuda a maximizar el rendimiento energético de los paneles solares, permitiendo que la bomba de agua funcione también durante periodos de menor irradiación solar.

El controlador además regula el funcionamiento de la bomba, desconectándola cuando el depósito donde se bombea el agua haya llegado a su capacidad máxima o bien, porque el nivel del agua en el pozo haya bajado por debajo de un límite de seguridad establecido, con el fin de evitar que se quede descubierta la boca de aspiración de la bomba.

**FIGURA 5.** Controlador-inversor



Fuente: Elaboración propia, 2017.

El empleo de dispositivos de acondicionamiento de potencia tiene la función de seguir el punto de máxima potencia para transferir la máxima energía posible al motor, se colocan entre el generador y la motobomba y siempre son necesarios en el caso de bombas accionadas mediante motores AC (inversores). Los dispositivos de acondicionamiento de potencia pueden ser: Dispositivos de acoplo de impedancia o convertidores DC/DC; Inversores DC/AC y las Baterías.

Los convertidores DC/DC, debido a que su propósito principal es mantener tanto al generador como a la carga en su respectivo punto de trabajo óptimo, suelen ser seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) y efectúan un ajuste de potencia para incrementar el rendimiento del sistema de bombeo a largo del día.

Los inversores de uso en bombeo fotovoltaico generan una salida mono o trifásica con voltaje y frecuencia variables. La variación de la frecuencia de salida permite a los motores operar a velocidades distintas de la velocidad nominal correspondiente a la frecuencia nominal de 50/60 Hz y así disminuir el umbral de irradiancia solar para el arranque de la bomba.

La introducción de baterías en un sistema de bombeo puede disminuir su fiabilidad e incrementar las necesidades de mantenimiento regular, es necesario incluir un regulador de tensión para protegerla de sobrecargas o sobredescargas, tienen un tiempo de vida limitado, en general se necesitan diodos de bloqueo para prevenir que la batería se descargue a través del generador durante la noche, además de suponer un coste adicional de la instalación. En general sólo es justificable si el caudal bombeado durante las horas de sol resulta insuficiente para satisfacer la demanda de agua.

## **METODOLOGIA**

Metodológicamente es una investigación de tipo experimental, aplicada, de campo y transeccional, orientada para realizarla con aprendices de los programas de formación de Técnicos en Mantenimiento e Instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos del Centro Industrial y de energías alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje - Sena Regional Guajira.

El proyecto fue desarrollado en las siguientes fases: Fase I: Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico de acuerdo al caudal de agua necesaria día y los elementos consumidores, la autonomía y la radiación de la zona geográfica donde está ubicada la comunidad wayuu, Fase II: Adquisición de los elementos del sistema, Fase III: Montaje del sistema solar fotovoltaico en sitio. Fase IV: Capacitación a la comunidad.

## **RESULTADOS**

Como resultado de la investigación, se pudo implementar la Tecnología de controlador-Inversor fotovoltaico para energizar el sistema de bombeo de agua seleccionado. Se realizó el dimensionamiento obteniendo la tecnología de controlador-inversor fotovoltaico para energizar el sistema de bombeo solar. En este sentido, el sistema solar fotovoltaico para

el bombeo de agua fue diseñado, instalado y puesto en funcionamiento, a través de las fases planteadas.

### **Fase I: Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico**

El dimensionado de sistemas de bombeo fotovoltaico se puede abordar mediante diferentes métodos dependiendo su complicación, del número de variables consideradas y del grado de optimización en la obtención de los resultados. En general, existen tres pasos que es necesario seguir: Evaluación de la energía hidráulica necesaria; Evaluación de la energía solar disponible y Definición del equipo de bombeo necesario

El método utilizado en esta investigación parte de un software que suministra el fabricante del sistema solar fotovoltaico donde se tiene la posibilidad de ingresar la energía hidráulica necesaria, el punto geográfico donde se hará la instalación para que el software evalúe la radiación solar disponible y entrega varias opciones para seleccionar el equipo de bombeo.

### **Requerimientos salida**

Presión total 12mt

Volumen / Horas Solares Diarias: 28m<sup>3</sup>

Tipo de rosca NPT

\*Temp. Máx. admisible de 30°C/86°F. Consulte a Franklin para valores más altos

### **UBICACIÓN**

Población Riohacha La Guajira

País Colombia

Latitud/Longitud 11.52 / -72.87

### **CONFIG.**

Modelo 15SDSP-0.75HP

Código modelo 90041510

Caudal máximo 4.41 m<sup>3</sup>/h

### **REQUERIMIENTOS MÍNIMOS**

V<sub>mpp</sub> 127 V

W<sub>mpp</sub> 885 W

### **CARACTERÍSTICAS DEL PANEL**

Condiciones de Servicio STC

Uso de seguidor solar No

Watts (Wmpp) 300 W

Volts (Vmpp) 18.0 V

Volts (Voc) 22.5 V

Ángulo de inclinación recomendado (grados) : 11.52

\*Ángulo de inclinación recomendado (grados resp. horizontal)

### **CONFIG. INST. SOLAR**

Paneles en serie 8

Número de grupos 1

Núm. total paneles 8

Potencia inst. (Wmpp) 1,920 W

Tensión inst. (Vmpp) 134 V

Tensión inst. (Voc) 171 V

### **ESPECIFICACIONES CONTROLADOR SOLAR SUBDRIVE**

Modelo 5870300553

Tamaño 21.00 in X 10.19 in X 8.61 in

Peso 41.00 lb

Energía Alimentacion DC/AC

### **SALIDA**

Máx Tensión salida 100V AC, 3-fase

Máx. intensidad (RMS) 8.6 A, por fase

Frecuencia salida 20-60 Hz

Eficiencia a pot. máx. 96%

### **INST. FOTOVOLTAICA**

Tensión alim. mpp 45 - 165 VDC



Máx. intensidad alim. 8.7 A DC, Continua

Potencia en mpp Hasta 1300 watts

### **CONDICIONES DE SERVICIO**

Temperatura -25°C a 50°C (con generador de CA, máx 40°C)

Humedad Relativa 0 a 100% (Condensación)

Adicionalmente al sistema de bombeo se implementa un Sistema Solar Autónomo, en el cual a través de 6 paneles solares de los ocho del sistema de bombeo, con las siguientes características: Potencia de 300W,  $v_{oc}$ : 22.5 V,  $I_{mp}$ : 16 A , un circuito de mando eléctrico, un Regulador MPPT 3 KW, de 60A, con un  $V_{oc}$ = 150Vdc, DE 12v/24v/48 Vdc (Automático), un Inversor con una P: 600w, Voltaje de Entrada: 24v y Voltaje de Salida: 115v, se utilizarán dos Baterías de 12V / 100 AH, conectadas en serie.

Este sistema generará energía para cargar el banco de batería cuando el tanque está lleno, de manera automática a través de un sistema de control eléctrico conmutara la salida de la matriz de los paneles solares, del controlador de la bomba a la entrada de regulador FV del sistema autónomo, cuando el tanque baje su nivel por utilización de agua, nuevamente conmuta y conecta los paneles al controlador de la bomba.

#### **Fase II Adquisición de los elementos del sistema.**

En esta fase se obtuvieron los equipos necesarios para la instalación del sistema, como son los paneles solares, el controlador - inversor, la electrobomba., todo esto de acuerdo a las especificaciones y necesidades del sistema.

#### **Fase III Montaje del sistema solar fotovoltaico en el sitio.**

Primero se coloca la estructura de los paneles, esto debe ser en un lugar limpio, plano y adecuado para su buena instalación, luego se colocan los paneles, ya instalados se prosigue a instalar el controlador-inversor y a cablear todo el sistema. Después se introdujo la electrobomba a una altura manométrica de 6 mt.

**FIGURA 6.** Montaje del sistema solar fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia, 2017.

#### **Fase IV: Capacitación a la comunidad.**

Se realizó una capacitación a todos los aprendices del C.I.E.A. regional Guajira, con una proyección a las comunidades wayuu en ZNI del departamento de La Guajira sobre este sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico.

#### **CONCLUSIÓN**

Se diseñó e implementó un Sistema Solar Autónomo, en el cual a través de 6 paneles solares, con las siguientes características: Potencia de 300W, voc: 22.5 V, Imp: 16 A , un circuito de mando eléctrico, un Regulador MPPT 3 KW, de 60A, con un Voc= 150Vdc, DE 12v/24v/48 Vdc (Automático), un Inversor con una P: 600w, Voltaje de Entrada: 24v y Voltaje de Salida: 115v, se utilizarán dos Baterías de 12V / 100 AH, conectadas en serie.

Las aplicaciones de bombeo de agua son las más necesarias en las comunidades del departamento de La Guajira en ZNI (zonas no interconectadas), convirtiendo este proyecto en un modelo para replicar a comunidades que lo requieran a través de nuestros aprendices capacitados, mejorando la calidad de vida de sus habitantes, la sostenibilidad de proyectos productivos y protegiendo al planeta.

Es notoria la importancia de la aplicación de los sistemas de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica, convirtiendo este proyecto en un modelo para replicar a comunidades que lo requieran a través de nuestros aprendices capacitados, mejorando la calidad de vida de sus habitantes, la sostenibilidad de proyectos productivos y protegiendo al planeta.

La implementación de los sistemas de bombeo de agua solares fotovoltaicos, permiten mejorar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en las edificaciones que requieren aumentar la presión de agua para su distribución interna, ya que permite un rápido retorno de inversión y posteriormente bombeo de agua a costo de mantenimiento.

Las capacitaciones dadas por los aprendices a todo el personal de mantenimiento del centro sobre el manejo del sistema de bombeo, les permitirá realizar revisiones periódicas y poder prestar un mejor servicio en el suministro de este valioso recurso.

Dar a conocer este proyecto ante todos los entes gubernamentales a nivel departamental y nacional es muy importante para que se puedan realizar otros sistemas zonas no interconectadas del país.

## REFERENCIAS

- Corredor, G. (2016). Las renovables lideran los nuevos empleos en el sector minero energético. Observatorio de Energía de la Universidad Nacional. Disponible en [http://www.larepublica.co/las-renovables-lideran-los-nuevos-empleos-en-el-sector-minero-energ%C3%A9tico\\_413146](http://www.larepublica.co/las-renovables-lideran-los-nuevos-empleos-en-el-sector-minero-energ%C3%A9tico_413146)
- Cruz, D. (2011). Estudio del ahorro mediante bombeo solar. POP Tecnología de los sistemas de energía solar fotovoltaica. Edición electrónica. Universidad internacional de Andalucía.
- Fernández, M. (2010). Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica.. Editorial Liber Factory, Madrid, España.
- García, M. (1999). Energías sin Fronteras. Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo. IEPALA Editorial, Madrid, España.
- González, D. (2010). Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas. Repositorio institucional Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Energía Eléctrica
- Guerrero, R. (2017) Montaje eléctrico y electrónico de instalaciones solares fotovoltaicas. ENAE0108. Innovación y Cualificación. IC Editorial, Antequera, Málaga.
- Hernández R, Fernández C, Baptista P. (2006). Metodología de la Investigación. 4ta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Kamali, S. (2016). Feasibility analysis of standalone photovoltaic electrification system in a residential building in Cyprus. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65, 1279–1284.
- S. L. Innovación y Cualificación (2017). Montaje eléctrico y electrónico de instalaciones solares fotovoltaicas. ENAE0108. IC Editorial. Antequera, Malaga
- <https://www.sfe-solar.com/suministros-fotovoltaica-aislada-autonoma/bombeo-solar/>
- <http://franklinagua.com/productos/aplicaciones-solares/subdrive-solarpak.aspx>
- IPSE (2013). Energías renovables en las ZNI. Subdirección de Planificación Energética 14.02.2013. Disponible en:
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/9988.pdf>
- (2012b). Renewable Energy Cost Analysis: Solar Fotovoltaics. Disponible en:
- <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-sistema-fotovoltaico-2638847.htm>
- [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE\\_Technologies\\_Cost\\_Analysis-SOLAR\\_PV.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-SOLAR_PV.pdf)

## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

Elquin Benjamín Mejía Suarez Ingeniero Electrónico y telecomunicaciones, Especialista en Electrónica Industrial, Instructor de energía solar fotovoltaica del Centro Industrial y de energías Alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Regional Guajira. Investigador Activo del Grupo de investigación TECNOVA. E-mail: emejiasu@misena.edu.co

Esmerlis Camargo Torres, Ingeniera Industrial y Contadora Pública, especialista en Gerencia en Finanzas, Magister en Informática Educativa y Doctora en Ciencias Gerenciales, Directora del Grupo de investigación TECNOVA. Líder de Investigación SENNOVA del Centro Industrial y de energías Alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Regional Guajira, Docente catedrática de la Universidad de La Guajira, Facultad de Ingeniería. E-mail: ecamargot@sena.edu.co.

Eliana Jiménez Córdoba, Aprendiz del Técnico en Mantenimiento e instalación de sistemas solares fotovoltaicos del Centro Industrial y de energías Alternativas del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Regional Guajira. E-mail: elianajimenez2412@gmail.com.



---

## EJE TEMÁTICO: ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA EQUIDAD SOCIAL

---

MAIN THEME:  
RENEWABLE ENERGIES FOR SOCIAL EQUITY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES



Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

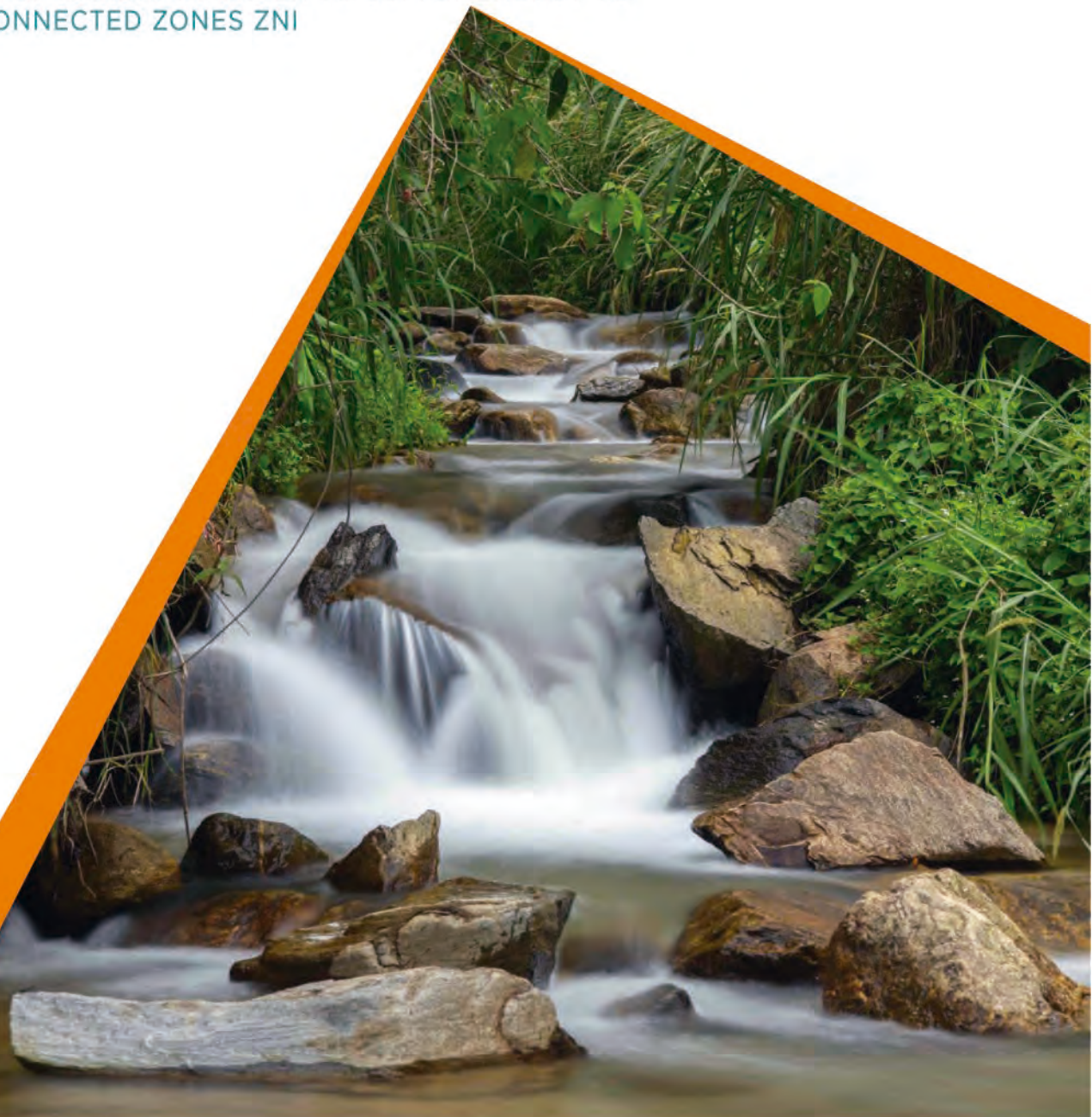
ISSN 2590-5481

# CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE DE AFLUENTES HÍDRICOS DE RIOS Y QUEBRADAS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO CON EL FIN DE SUMINISTRAR ENERGÍA A ZONAS NO INTERCONECTADAS ZNI

CHARACTERIZATION AND EXPLOITATION OF THE RENEWABLE ENERGY  
POTENTIAL OF WATER TRIBUTARIES OF RIVERS AND STREAMS IN THE  
DEPARTMENT OF NARIÑO IN ORDER TO SUPPLY ENERGY TO  
NON-INTERCONNECTED ZONES ZNI



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



**CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE DE AFLUENTES HÍDRICOS DE RÍOS Y QUEBRADAS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO CON EL FIN DE SUMINISTRAR ENERGÍA A ZONAS NO INTERCONECTADAS ZNI**

**CHARACTERIZATION AND EXPLOITATION OF THE RENEWABLE ENERGY POTENTIAL OF WATER TRIBUTARIES OF RIVERS AND STREAMS IN THE DEPARTMENT OF NARIÑO IN ORDER TO SUPPLY ENERGY TO NON-INTERCONNECTED ZONES ZNI**

David Martínez

Anthony Francisco Fierro Guerrero

Andrea Sthefany Gualguan Rosero

Tito Manuel Piampba Mamian

Gustavo Alejandro Galvis

Angela Isabel Morillo Rodriguez

Nicolas Stiven Rosero Potosí

Nancy Paola Alvarado Burgos

Yuri Rocio Diaz Pantoja

Juan Carlos Delgado Díaz

Grupo de investigación: LOPE investigaciones Centro Internacional de Producción Limpia  
LOPE

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, regional Nariño San Juan de Pasto, Colombia

## **RESÚMEN**

Las zonas no interconectadas ZNI en el departamento de Nariño requieren una solución de energización local, que ofrezca un servicio constante y confiable y cuyos costos de generación sean asequibles a las personas que pertenecen a este grupo poblacional.

Nariño es uno de los departamentos que posee un gran potencial de fuentes hídricas que pueden ser aprovechados para la generación de energía eléctrica a través de pequeñas centrales hidroeléctricas.

El desarrollo de una central mini-hidroeléctrica para suministro de energías representa una alternativa que puede permitir mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan estas zonas; además de contribuir a la disminución del impacto ambiental generado por otros tipos de energías, incentivando el uso eficiente de estos recursos renovables.

Con lo anterior, es necesario identificar en primera instancia un modelo metodológico que permita identificar el potencial energético que poseen fuentes hídricas como ríos y quebradas que se encuentran cerca a estas zonas no interconectadas.

Se establecen las condiciones para involucrar una etapa de pre-factibilidad para implementarse un sistema hidroeléctrico con el cual se busque abastecer la demanda de energías de estas comunidades, determinando la aplicabilidad de este tipo de tecnologías y el potencial que estas pueden generar.

Se concluye resaltando la importancia de desarrollar de este tipo de tecnologías en nuestra región con el fin de trasladar el conocimiento a la comunidad por medio de su divulgación.

**Palabras clave:** Energías alternativas, energía hidroeléctrica, caracterización potencial hídrico, desarrollo tecnológico, diseño y desarrollo de prototipo.

## **ABSTRACT**

ZNI non-interconnected zones in the department of Nariño require a local power solution, which offers a constant and reliable service, and whose generation costs are affordable to the people belonging to this population group.

Nariño is one of the departments that has a great potential of water resources that can be used for the generation of electrical energy through small hydroelectric power plants.

The development of a mini-hydroelectric plant for the supply of electric energy represents an alternative that can improve the living conditions of people living in these areas; in addition to contributing to the reduction of the environmental impact generated by other types of energy, encouraging the efficient use of these renewable resources.

With the above, is necessary to identify in first instance a methodological model to identify the energy potential of water sources such as rivers and streams that are close to these non- interconnected areas.

The conditions are established to involve in the pre-feasibility stage to implement a hydroelectric system with which it seeks to supply the energy demand of these communities, determining the applicability of this type of technologies and the potential that these can generate.

**Keywords:** Alternative energies, hydroelectric energy, water potential characterization, technological development, prototype design and development.

## **INTRODUCCIÓN**

Según cifras ofrecidas por DANE sobre cobertura de energía eléctrica, Nariño es uno de los departamentos más afectados debido a la falta de suministro de energía eléctrica, ocupando el primer lugar como una de las regiones que más zonas no interconectadas posee con 51447 usuarios de los cuales 8717 de esos usuarios pertenecen a las cabeceras municipales y 42730 usuarios pertenecen al sector rural.



El sector rural en nuestra región presenta una gran problemática para abastecerse de un suministro energético, con lo cual, para desarrollar necesidades de alta prioridad, como, por ejemplo, iluminación, cocinar, comunicación, y tareas básicas de los hogares.

También la falta de conocimiento sobre nuevas tecnologías acerca de fuentes energéticas renovables genera una falta de aprovechamiento de las capacidades y potencial energético que brindan todas las fuentes hídricas del departamento.

Actualmente, no existen proyectos que fortalezcan los conocimientos sobre el aprovechamiento de las fuentes hídricas para captar toda la energía requerida para estas zonas, por lo cual desde la formación y la academia se debe empezar a abordar proyectos que brinden soluciones a necesidades locales y/o regionales.

Es importante resaltar la necesidad que desde la formación de aprendices del SENA se logre transferir conocimiento de las bondades que los recursos naturales poseen para generar energía eléctrica.

### **Las ZNI y las energías renovables**

Las zonas no interconectadas ZNI en el departamento de Nariño requieren una solución de energización local, que ofrezca un servicio constante y confiable, y cuyos costos de generación sean asequibles a las personas que pertenecen a este grupo poblacional. Debido a la abundancia de fuentes hídricas en estas zonas, la energía eléctrica producida por su potencial cinético representa una alternativa que puede permitir mejorar las condiciones de estas personas; además de contribuir a la disminución del impacto ambiental generado por otros tipos de energías, incentivando el uso eficiente de los estos recursos, por ello, es necesario desarrollar un proyecto que permita reconocer las bondades de aprovechar este tipo de recursos.

Según los datos reportados por los operadores de red IPSE y proyecciones del DANE a partir del censo 2005, sobre cobertura de energía eléctrica a 2014, el departamento de Nariño es una de las regiones con el índice más alto con personas que viven en zonas no interconectadas (ZNI) con un total de 51.447 usuarios que podrían beneficiarse por medio de este proyecto.

En la actualidad Nariño cuenta con el componente hidrográfico del Departamento está constituido por las vertientes Pacífica y Amazónica. El recurso hídrico nariñense se manifiesta en ocho cuencas hidrográficas en las cuales se encuentran 20 lagunas y 28 importantes subcuencas. A la vertiente Pacífica pertenecen las cuencas de los ríos Patía, Mayo, Juanambú, Guátara, Mira, Mataje, Iscuandé, y Telembí; a la vertiente Amazónica corresponden las cuencas del Guamuez y San Miguel.

La generación de energía eléctrica gracias a los caudales hídricos, brindan una solución autosustentable, económica y limpia que contribuye a la disminución de la emisión de gases contaminantes o de efecto invernadero y también permite reducir el uso de combustibles fósiles para la generación de esta energía.

La ejecución de este proyecto en el SENA plantea unos objetivos o metas en la cual, el desarrollo e innovación tecnológica apuntan a involucrar alternativas energéticas en nuestra región.

Para el Centro Internacional de Producción Limpia LOPE (CIPLL) el aprovechamiento y mienta producción de energía renovable debe involucrar el conocimiento de diversas áreas de estudio, es aquí donde los tecnólogos en áreas ambientales, áreas metalmeccánicas y áreas electrónicas son capacitados para minimizar el impacto ambiental y desarrollar productos que disminuyan la huella de carbono. Los aprendices se apropiarán del conocimiento relacionado con el potencial de las fuentes hídricas y en la transformación de energías, es decir, de la conversión de energía potencial cinética a energía eléctrica. Al finalizar su etapa de formación, serán capaces de realizar transferencia de conocimiento a sus predecesores y tendrán la habilidad de aplicar sus conocimientos en el sector productivo, optimizando los procesos o incentivando el emprendimiento en este tipo de procesos tanto para las ZNI como también para el sector agropecuario y viviendas autosustentables.

## **METODOLOGÍA**

### **Descripción metodología de proyectos**

#### **Método volumétrico para medición de caudales pequeños**

El método consiste en tomar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en Litros / segundo (L/s).

Caudal = n cantidad de Litros / n cantidad de Segundos promedio

#### **Método de Velocidad por área conocida**

Con este método se mide la velocidad del agua superficial que circula en la fuente, tomando el tiempo que demora un objeto flotante en trasladarse de un punto a otro en una sección uniforme.

Para ello, se toma una sección de la corriente; se mide el área de la sección, se lanza un objeto que flote en el agua desde el primer punto de control y al paso del cuerpo por dicho punto, se inicia la toma del tiempo que dura el viaje hasta el punto de control corriente abajo. El resultado de la velocidad se ajusta a un factor de 0,8 o 0,9.

**Calculo del área de lecho del río (m<sup>2</sup>) = Ancho (m) X Profundidad (m)**

**CALCULO DE LA VELOCIDAD DEL RECORRIDO (m/s) = DISTANCIA (m) / TIEMPO (s)**

**CALCULO DEL CAUDAL DEL RIO m<sup>3</sup>/s = LECHO DEL RIO (ÁREA) X VELOCIDAD DEL RECORRIDO (m/s)**

(Fundación Solar, 2013)

Con lo anterior, se procedió a analizar 13 afluentes hídricos (quebradas) cercanas al centro de formación con el fin de caracterizar su potencial energético hidrológico así determinar las características y parámetros de diseño del prototipo a desarrollar, a continuación, se muestran los siguientes resultados:

**FIGURA 1:** Aprendices e instructores del centro Internacional de Producción Limpia LOPE, desarrollando la caracterización del potencial hídrico renovable en uno de los ríos de los cuales se obtuvo parámetros importantes en cuanto a identificación de caudal, profundidad y volumen. Fuente: Esta investigación.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

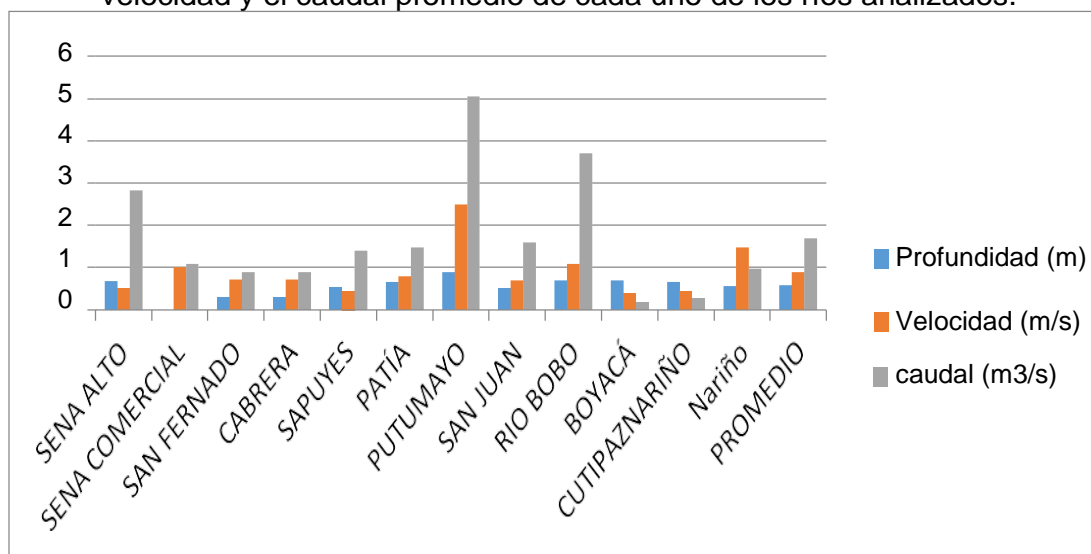
**Caracterización y aforo de ríos dentro del centro de formación y alrededores:**

**Tabla 1.** Identificación de características de los ríos, muestra tomada a doce once pertenecientes a nuestra región y a un río perteneciente al departamento del Putumayo.

Río	profundidad (m)	velocidad (m/s)	caudal (m <sup>3</sup> /s)
SENA ALTO	0,673	0,51	2,83
SENA COMERCIAL	0.415	1	1,09
SAN FERNANDO	0,283	0,723	0,9
CABRERA	0,283	0,723	0,9
SAPUYES	0,531	0,45	1,4
PATIA	0,657	0,8	1,485
PUTUMAYO	0,9	2,5	5,06
SAN JUAN	0,5	0,7	1,6
RIO BOBO	0,7	1,08	3,7
BOYACA	0,7	0,38	0,167
CUTIPAZ	0,65	0,43	0,267
NARIÑO	0,57	1,47	0,98
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,59</b>	<b>0,9</b>	<b>1,7</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**FIGURA 2.** Características de los caudales de río relacionada con la profundidad, la velocidad y el caudal promedio de cada uno de los ríos analizados.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

## METODOLOGÍA PLM (PRODUCT LIFECYCLE MANAGMENT)

El proceso metodológico de trabajo está basado en la metodología de diseño y desarrollo de productos en contexto con la aplicación de la Estrategia PLM para el monitoreo, control, seguimiento y evaluación de las diferentes fases que hacen parte del desarrollo del proyecto.

La administración del Ciclo de Vida del Producto PLM (Product Lifecycle Management) es un término usado para la gestión global del ciclo de vida de un producto, desde su concepción, pasando por su diseño y fabricación hasta su distribución, venta y reciclaje o reutilización. Por tanto, aplicaciones que permiten controlar, desarrollar, innovar, describir y comunicar información acerca de los productos (InnoSupportTransfer – poyo a la Innovación en las PYMES, 2007).

**FIGURA 3.** Diagrama aplicación metodológica relacionada con la Administración del Ciclo de Vida del Producto.



Fuente: (Arion Data System, 2010).

Una herramienta informática para PLM integra a todas las demás, facilitando el transporte de información entre los distintos sistemas y aplicaciones, coordinando y promoviendo la colaboración entre los distintos departamentos o áreas de una empresa e impulsando la innovación en cualquier fase del ciclo de vida (Arion Data System, 2010).

Por lo tanto, se pueden señalar como ventajas:

1. Facilita (más rápido, menos errores, menos tiempo de aprendizaje) la comunicación a todos los niveles.
2. Favorece los procesos de innovación.
3. Puede ahorrar costes de inversión y mantenimiento.
4. Simplifica el control de todos los procesos, horizontal y verticalmente en el seno de la empresa, así como en los procesos de externalización.

## 5. Reduce el tiempo de comercialización.

**Las fases inician con la concepción:** definición de variables de la caracterización a estudiar para la eficiencia energética del punto de instalación de captura energética de la mini-central Hidroeléctrica a desarrollar, para ser implementada y probada en uno de los ríos caracterizados el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones del Centro LOPE.

La segunda actividad es el diseño detallado de la ubicación estratégica de los de la mini-central hidroeléctrica con todos los elementos que la conforman (el generador, elevador de voltaje, regulador, baterías, inversor) para ello, se desarrolló los bocetos y planos detallados del sistema a desarrollarse, planos mecánicos, desarrollo y mecanizado de piezas y desarrollo de acabados.

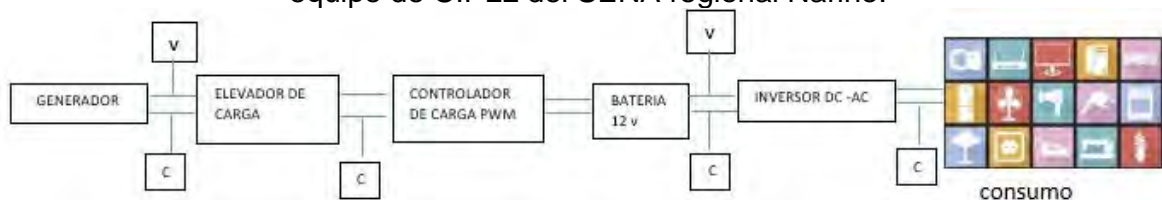
En seguida, vendrá la fase de ensambles e Implementación, de los sistemas de anteriormente mencionados con el fin de suplir de energía eléctrica para ser almacenada en las baterías y posteriormente ser consumida por el usuario.

Finalmente, se culmina con la fase de terminación que incluiría la documentación completa de las diferentes fases y el estudio final del proyecto con una verificación de eficiencia de las variables y un seguimiento previo para la obtener una mayor calidad de eficiencia y productividad. Esta metodología de trabajo se debe fundamentar con las fases del ciclo de vida del producto que garantiza eficiencia, menor tiempo utilizado, menos costos definidos y mayor productividad y eficiencia en los procesos de producción y gestión.

## DISEÑO

### Fase de potencia - Descripción circuito principal

**FIGURA 4.** Descripción gráfica relacionada con el funcionamiento del circuito principal del sistema de carga y generación de energía de la mini-hidroeléctrica desarrollada por el equipo de CIPLL del SENA regional Nariño.

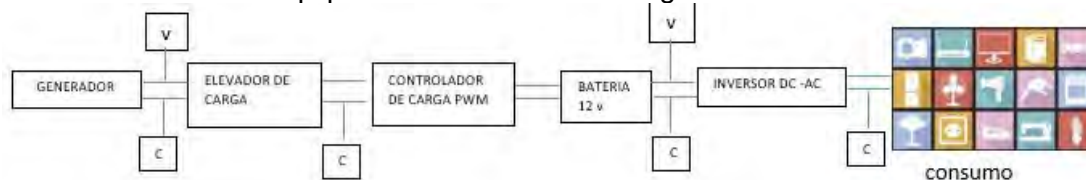


Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, encontramos el generador Doods Day que nos permite transformar la energía mecánica generada por la turbina a energía eléctrica, esta energía DC pasara por el Elevador de carga, este elemento nos permite elevar el voltaje inicial al que uno desee dependiendo de la capacidad del elevador, si el generador produce 4.5V el elevador lo lleva a 12V. Luego pasara por el controlador de carga PWM de 12V, este dispositivo permite trabajar a la misma tensión que las baterías, permitiendo su carga y su desconexión automática si ya están cargadas, luego iría conectado a las baterías de ciclo profundo 12V donde se almacenara la energía DC. Para transformar de DC a AC utilizamos un inversor de carga de 1500W y esta energía AC será suministrada a los hogares y ser aprovechada.

## Descripción circuito secundario

**FIGURA 5.** Descripción gráfica relacionada con el funcionamiento del circuito secundario del sistema de carga y generación de energía de la mini-hidroeléctrica desarrollada por el equipo de CIPLL del SENA regional Nariño.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para la generación de energía utilizamos paneles solares 18V los conectamos en paralelo para que mantenga el mismo voltaje pero que aumente la corriente siendo una fuente de energía fotovoltaica, la energía pasara el elevador de carga elevando el voltaje a 12 V, pasando por el controlador PWM para regular la tensión y poder alimentar las baterías de ciclo profundo 12V y alimentar a la caja de control donde se encontrara el microcontrolador, módulos de comunicación, pantalla de visualización y sensores.

## DISEÑO DE PROTOTIPO

Teniendo en cuenta el estudio previo realizado, relacionado con la caracterización del potencial energético hídrico renovables en 12 ríos y quebradas del departamento de Nariño, se procede a diseñar un prototipo que permita aprovechar las características y el potencial anteriormente identificado. Lo anterior permitió identificar los parámetros de diseño que fueron tenidos en cuenta para desarrollar una Central mini – hidroeléctrica portable flotante para implementarse en zonas no interconectadas del departamento de Nariño.

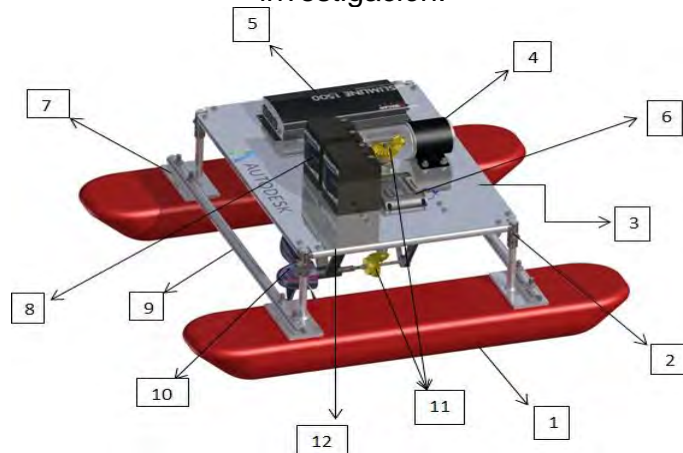
El prototipo posee una hélice tipo turbina de río, la cual permite aprovecha de una manera adecuada la energía cinética del caudal del río.

Partiendo de la energía cinética producida por las fuentes hídricas, se diseña y construye una turbina que aprovecha toda esa energía. Al establecer contacto con el agua las hélices comienzan a girar transformando en este punto la energía cinética en un movimiento mecánico. Por medio de los engranes ubicados en la parte inferior y la parte superior del prototipo se transmite el movimiento producido a los piñones que se encuentran en la base y estos a la vez lo transmiten al generador eléctrico, el cual alimentará las baterías que a su vez almacenan la energía y la distribuyen a los electrodomésticos que se desea alimentar para su funcionamiento.

A continuación, se procede a identificar el diseño final del prototipo con el fin de describir cada una de sus partes.

## DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA MINI HIDROELÉCTRICA.

**FIGURA 6.** Descripción en detalle de cada uno de los elementos que componen el prototipo de generación de energía de la central mini-hidroeléctrica portable desarrollada por el equipo de CIPLL del SENA regional Nariño. Fuente: Esta investigación.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

1. **Flotadores:** Mantienen en equilibrio a toda la estructura en general
2. **Ejes esquineros:** Permiten modificar y graduar la altura de la turbina.
3. **Base:** Su función principal es soportar al generador, inversor y regulador. Las dimensiones son 68cm de largo por 52 de ancho con un espesor de 3mm.
4. **Generador:** Genera corriente y voltaje.
5. **Inversor:** Convierte la corriente directa a corriente alterna.
6. **Regulador:** Carga las baterías y realiza su desconexión automática cuando ya estén cargadas.
7. **Ejes de elevación:** Permiten el ensamble de flotadores a la estructura y junto con los ejes esquineros permiten modificar la altura de la turbina.
8. **Baterías:** Almacenan la energía producida por el generador.
9. **Ejes de soporte:** Permiten Ensamblar los flotadores generando un equilibrio a todo el sistema.
10. **Turbina:** Aprovecha la energía cinética y la convierte en un movimiento.
11. **Piñones:** Convierten y transportan la energía producida por el generador.
12. **Soporte de la base:** Permite asegurar la base y aportan estabilidad.



## VALIDACIÓN PRELIMINAR

**FIGURA 7.** Desarrollo de pruebas de generación y almacenaje de energía en campo real del prototipo de generación de energía de la central mini-hidroeléctrica portable desarrollada por el equipo de CIPLL del SENA regional Nariño. Fuente: Esta investigación.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

## RESULTADOS

### Prueba 1

Teniendo en cuenta el diseño presentado, se procedió a realizar unas pruebas con el fin de demostrar el funcionamiento del prototipo desarrollado, se realizaron dos pruebas en uno de los ríos caracterizados y que se encuentran al interior del centro de formación y se obtuvieron los siguientes resultados:

A un caudal de 2,5 m<sup>3</sup>/s, con una relación de piñones 1: 2 en la turbina y 1:3 en el generador, se obtuvo la producción de 12V sin carga (sin conectar batería) y con carga se obtuvo 8V y una corriente de 2.3 Amperios.

### Prueba 2

A un caudal de 2,9 m<sup>3</sup>/s, con una relación de piñones 1:2 en la turbina y 1:2 en el generador produjo 8.7 V sin carga y respectivamente con carga 4,9V y una corriente de 2 A

Se concluye que la producción de energía depende de las revoluciones del generador. Para las anteriores pruebas, las revoluciones varían según las relaciones, en la primera prueba las revoluciones fueron aproximadamente de 1000 y en la segunda prueba de 600 revoluciones.

Para la producción máxima de potencia, el generador debe llegar a 2800 revoluciones (se estima aproximadamente 12v y 18A).

## **IMPACTOS**

### **Social**

Dar a conocer a la población rural la importancia de ingresar a programas de formación titulada en el SENA, con el fin de que la comunidad se apropie de las nuevas tecnologías y la innovación de nuevos productos y procesos, motivando a la comunidad a trabajar y desarrollar proyectos para una producción más limpia, reduciendo la migración de campesinos hacia áreas urbanas.

Por medio de este proyecto se mejora la calidad de vida de la población de zonas no interconectadas.

### **Económico**

La instalación de las mini centrales hidroeléctricas trae consigo grandiosos beneficios económicos, ya que tiene varios usos: producción energía eléctrica, con el cual se lo puede emplear para uso doméstico, cocción de alimentos, comunicación, calefacción e iluminación, para que de esta manera reduzca significativamente el costo del consumo energético.

### **Ambiental**

El uso de mini hidroeléctricas flotantes, contribuiría en la reducción y mitigación de los problemas asociados a la contaminación generadas por las plantas eléctricas de combustión que utilizan en dichas zonas, de igual forma de mantener un mejor equilibrio ambiental.

Ayuda a mitigar los cambios climáticos, la conservación y mantenimiento de la biodiversidad y prevención de la degradación de la tierra.

### **Tecnológico**

Se busca difundir el proyecto para los beneficiarios, en la actualización de programas de formación profesional integral del SENA, además de incentivar a la población que se beneficiará de este proyecto mediante divulgaciones, capacitaciones, asesorías para la construcción de mini centrales hidroeléctricas aplicados a cualquier zona de nuestra región que disponga de afluentes hídricos.

### **Energético**

Producción más limpia de energía eléctrica para zonas (ZNI), que no disponen de esta fuente energética. Se busca generar por medio del aprovechamiento de afluentes hídricos disponibles en la región, energía renovable, que permitirá usarse para diversas actividades supliendo las necesidades que requieren de energía eléctrica.

## CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

Se debe acelerar la diversificación energética dentro del centro de formación, ya que la variabilidad y diversidad de fuentes de energías renovables deben ser aprovechadas en sentido tal que toda la comunidad del SENA tenga acceso a tan importante información.

Debido a nuestra situación climática y la dependencia de las fuentes hídricas en nuestro medio, se hace necesaria la realización de grandes esfuerzos para gestionar y afrontar los riesgos que generan no ajustarse a la actual coyuntura mundial relacionada con el cambio climático, buscando adaptarse a ellos, por un lado, y paralelamente estudiar y aprovechar el potencial en otras fuentes renovables y alternativas, de tal modo que asegure su abastecimiento en el futuro.

Colombia, por su estratégica posición en el trópico y en el sistema montañoso de los Andes, tiene un potencial importante en energías, que en su gran mayoría se pueden identificar y aprovechar de manera práctica dentro de las instalaciones del Centro Internacional de Producción limpia Lope, tal como lo son la energía hídrica, la energía eólica, la solar fotovoltaica y biomasa, pero debe crear las condiciones para desarrollarlas en firme, lo cual le permitirá mantenerse como una estrategia de aprendizaje transversal y posicionarse además como desarrolladores de energías limpias y de productos con una huella igualmente baja en carbono.

Es necesaria una política que desde el Estado intervenga en forma integral los territorios donde desarrollamos los macro proyectos de impacto regional y nacional, que son la columna vertebral para la competitividad y la sostenibilidad del país.

Y desde luego, se deben impulsar iniciativas que conduzcan a la reducción de emisiones a través de la eficiencia energética y la transferencia y apropiación de tecnologías más limpias y eficientes, entre otras.

## REFERENCIAS

Arion Data System. (2010). *PLM, Gestión del Ciclo de Vida del Producto*. Barcelona: ArionData.

Fundación Solar. (2013). *Medición del potencial hidrológico para generación de energía renovable, la experiencia de la fundación solar en Guatemala*. Ciudad de Guatemala: PURE.

InnoSupportTransfer – Apoyo a la Innovación en las PYMES . (2007). *Estrategias de Producción Innovadoras*. InnoSutra.

Díaz A., Otálora O. (1992). *Inventario Nacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Torres, E. & Et-al. (1997). *Guía de Pequeñas centrales hidroeléctricas INEA*.

Torres, E., & Et-al. (1994). *Grupo de Hidroelectricidad del INEA. Informe final de diseño Minicentral de San Lucas Sur de Bolívar*.

UPME, costos indicativos de generación eléctrica en Colombia, 2005.

## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

David Martínez es investigador SENNOVA del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: odmartinez43@misena.edu.co.

Anthony Francisco Fierro Guerrero es instructor PLM del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: affierro@misena.edu.co.

Andrea Sthefany Gualguan Rosero es instructora Diseño de Producto del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: andrea.920832@outlook.com.

Tito Manuel Piampba Mamian es ingeniero especialista en Automática industrial, E-mail de contacto: titopia23@gmail.com.

Gustavo Alejandro Galvis es tecnólogo en diseño de elementos mecánicos para su fabricación con máquinas y herramientas CNC del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: tavogal@misena.edu.co.

Ángela Isabel Morillo Rodríguez es tecnólogo en Diseño e Integración de Automatismos Mecatrónicos del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: aimorillo@misena.edu.co.

Nicolás Stiven Rosero Potosí es tecnólogo en Automatización Industrial del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: nsrosero@misena.edu.co.

Nancy Paola Alvarado Burgos es tecnólogo en Automatización Industrial del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: npalvarado@misena.edu.co.

Yuri Rocío Díaz Pantoja es tecnólogo en Diseño de Diseño de Sistemas Mecánicos del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. E-mail de contacto: yrdiaz25@misena.edu.co.

Juan Carlos Delgado Díaz es tecnólogo en Diseño de Diseño de Sistemas Mecánicos del Centro Internacional de Producción Limpia – LOPE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA Regional Nariño. Pertenece al grupo de investigación LOPE investigaciones. E-mail de contacto: jcdelgado94@misena.edu.co.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA CALORÍFICA GENERADA Y DESPERDICIADA POR LOS APARATOS ELÉCTRICOS EN ENERGÍA ELÉCTRICA

TRANSFORMATION OF HEAT ENERGY GENERATED  
AND WASTED BY ELECTRICAL APPLIANCES INTO  
ELECTRICAL ENERGY



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA CALORÍFICA GENERADA Y DESPERDICIADA POR LOS APARATOS ELÉCTRICOS EN ENERGÍA ELÉCTRICA.

## TRANSFORMATION OF HEAT ENERGY GENERATED AND WASTED BY ELECTRICAL APPLIANCES INTO ELECTRICAL ENERGY

Mayerli Gil,  
Daniel Cano,  
Laura García,  
Kelly González,  
Ana María Hurtado,  
Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación.  
Esteban Sepúlveda, Asesor Tecnoacademia Sena.

### RESUMEN

En el siguiente trabajo se encuentra recopilada la información del desarrollo del proyecto de investigación Hot to electric realizado por el equipo Innovation Revolution. En éste se ha desarrollado un dispositivo con una celda Peltier, aprovechando el efecto *seebeck*, que tiene como objetivo, además de aprovechar el calor desperdiciado por los aparatos eléctricos y generar nuevas alternativas de solución y propuestas de trabajo con las energías renovables.

También se encuentran en la primera parte, el planteamiento (antecedentes, justificación y pregunta de investigación), objetivos y metodología a llevar a cabo (en la que se encuentran especificados todos los procesos y etapas de experimentación); en la segunda parte el marco teórico (con especificaciones cronológicas acerca de la línea de investigación que es la energía eléctrica, la celda peltier, los problemas ocasionados a causa de la energía calorífica, los impactos que ha tenido tanto socioculturalmente como ambientalmente, producción de electricidad en Colombia y América y, el subaprovechamiento de la misma, alternativa de solución como medio del proyecto y energías renovables), cronograma y consideraciones y; finalmente en la tercera parte las CONCLUSIÓN, referencias bibliográficas, seguridad de estado, divulgación resultados y análisis.

**Palabras clave:** Energía eléctrica, celda Peltier, efecto seebeck, voltaje, diferencia térmica.

## ABSTRACT

In the following work is compiled the information about the development of the research project Hot to electric by the team Innovation Revolution.

In this project we want to develop a device through the use of the Peltier cell that has as objective, besides taking advantage of the heat wasted by the electrical appliances, to reduce the damages caused by this one: electrical equipment malfunction, high consumption of electrical energy and damage both the atmosphere and the environment and generate new solutions alternatives and proposals for work with renewable energies. Also in the first part, the approach (background, justification and research question), objectives and methodology to be carried out; in the second part the theoretical framework, schedule and considerations and; finally in the third part the CONCLUSIONs, bibliographic references, state security, results and analysis. Achieving greater use of the heat generated and in turn wasted by electrical appliances for optimal benefit and social and economic impact as well as environmental.

**Keywords:** Electrical energy, peltier cell, Seebeck effect, Voltage, thermal difference.

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

El efecto termoelectrico es la conversión directa de las diferencias de temperatura a tensión eléctrica y viceversa. Un dispositivo termoelectrico crea tensión cuando hay una temperatura diferente en cada lado. A la inversa, cuando se aplica un voltaje a la misma, se crea una diferencia de temperatura. Este efecto puede ser utilizado para generar electricidad, la temperatura medida o cambiar la temperatura de los objetos. Debido a que la dirección de la calefacción y la refrigeración se determina por la polaridad de la tensión aplicada, los dispositivos termoelectricos se pueden utilizar como controladores de temperatura. El término "efecto termoelectrico" abarca tres efectos identificados por separado: el efecto Seebeck, el efecto Peltier y el efecto Thomson, los tres se pueden producir con una celda Peltier.

El efecto Peltier fue descubierto en el año 1834 por el físico francés Peltier J. C. A. Básicamente consiste en hacer pasar una corriente procedente de una fuente de energía, a través de un circuito formado por dos conductores, obteniéndose que una de sus uniones absorbe calor y la otra lo cede.

Un ejemplo interesante de aplicación del efecto Peltier es como enfriador rápido de líquidos, donde lo primero será construirse un disipador para la célula Peltier, adquiriendo en las tiendas de componentes electrónicos.

Y el efecto Seebeck, que es con el que queremos utilizar para el desarrollo de nuestro trabajo, surgió sobre la base del descubrimiento del físico alemán Seebeck T. J. en 1821, quien observó que, en un circuito formado por dos conductores distintos, cuyas uniones soldadas se encuentran en medios con temperaturas distintas, aparece entre ambos una

diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial es función de la naturaleza de los conductores y de la diferencia de temperaturas. Este dispositivo se conoce como termopar.

Una investigación realizada por unos estudiantes del Centro Educativo Cruz Azul nos da un claro ejemplo del uso del efecto Seebeck, utilizan el calor corporal y la temperatura ambiente, dando lugar a una diferencia térmica y a su vez provoca una tensión eléctrica. Esta energía renovable que se obtienen es utilizada para cargar teléfonos celulares.

Y, por último, el efecto Thomson, descubierto en 1857 por Thomson W., consiste en la absorción o liberación de calor por parte de un conductor eléctrico, con un gradiente de temperaturas, por el cual circula una corriente eléctrica.

### **Definición del problema**

Es bien conocido el uso generalizado de aparatos eléctricos para suplir las diversas necesidades que se presentan en los hogares, la mayoría de estos necesitan energía eléctrica para funcionar; a partir de esto el consumo de electricidad en el hogar supone aproximadamente un 80% del consumo total, el 20% restante corresponde a la iluminación. Aparatos eléctricos como el frigorífico consumen aproximadamente un 30.6%, la TV un 12.2% y otros (EPM, EPM, 2016). Al consumir toda esta energía están generando gran cantidad de calor.

De lo que no se es consciente, es que parte del calor que éstos generan se desperdicia y causa daños a los mismos aparatos eléctricos, alterando su normal funcionamiento y provocando que se deterioren; este calor también es el causante de daños a la atmósfera y al ambiente, ya que, se retiene en ella y al llover, dicha lluvia cae ácida y se acumula en los lagos y ríos, produce la muerte de los animales acuáticos que habitan en estos, afecta el crecimiento de las plantas y origina la muerte de numerosas especies vegetales en los bosques y praderas (Cobos, 2014). Además, existe un alto consumo de energía eléctrica y este factor influye en el costo más elevado de electricidad.

### **Objetivo general**

Desarrollar un dispositivo mediante el cual se pueda obtener energía eléctrica con una celda peltier a partir de un diferencial de temperatura, logrado con el calor desperdiciado por los electrodomésticos y la temperatura ambiente.

### **Objetivos específicos**

- Realizar diseños de prototipos del dispositivo, mediante el uso de un software llamado Solidworks.
- Construir el dispositivo a partir del diseño realizado haciendo uso de la celda Peltier.
- Evaluar y analizar los resultados obtenidos.



## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Los seres humanos nos hemos encargado de impactar ambientalmente de forma negativa, hecho que actualmente nos ha causado repercusiones sobre las cuales nos hemos visto afectados, aparatos como el televisor, el microondas y el wifi emiten una energía invisible que los estudios denominan como una radiación electromagnética (REM).

Todos los aparatos generan campos electromagnéticos y liberan al ambiente dos tipos de radiación: la “ionizante” y la “no ionizante”. Para medir la magnitud de las radiaciones se usa una medida universal llamada Micro Tesla (MT). En nuestras casas estamos rodeados de radiaciones no ionizantes que pueden producir, además de contaminación ambiental, efectos negativos en nuestra salud.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud y el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, la exposición prolongada a los campos electromagnéticos producidos por nuestros electrodomésticos puede propiciar la generación de células cancerígenas. (Salud 180, 2015)

Las ondas que generan son las que producen la destrucción del tejido celular humano a mediano plazo. “Junto al tabaquismo, la radiación electromagnética da origen a la activación de oncogenes”. Así mismo explicó que los daños a la salud humana dependen de cuánto se exponga el organismo y del sistema inmunológico del individuo.

El daño que pueden provocar los campos magnéticos no es automático. Depende del tiempo de exposición del organismo a las ondas y como termina respondiendo el sistema inmunológico. Se considera que los niños que viven en ambientes con más de 0,4 microteslas – unidad de medición del flujo magnético – pueden contraer leucemia infantil. Países como Australia, Alemania, Cuba, Rusia, E.E.U.U y Chile coinciden en este punto. (Cobos, F. (2014). Recuperado el 17 de Febrero de 2015).

La producción de energía eléctrica en Colombia es muy alta, y los aparatos eléctricos tienen gran parte en este fenómeno que algunos problemas ha ocasionado a través del tiempo y los avances que hemos obtenido. En términos de competitividad, Colombia tiene costos altos con respecto a Estados Unidos (78% más costoso), Perú (59%), México (30%) y Ecuador (25%). (Chiappe, 2015)

Además, el calor que los aparatos eléctricos generan es subaprovechado e indeterminablemente, ha traído consigo consecuencias negativas y con gran impacto. En nuestros hogares normalmente contamos con aparatos eléctricos para suplir las diferentes necesidades que se presentan, la mayoría de estos necesitan energía eléctrica para funcionar; a partir de esto el consumo de electricidad en el hogar supone aproximadamente un 80% del consumo total, el 20% restante corresponde a la iluminación. Aparatos eléctricos como el frigorífico consumen aproximadamente un 30.6%, la TV un 12.2% y otros. –Fuente:

EPM. (28 de marzo de 2015). (E. d. Revolution, Entrevistador) Medellín. Al consumir toda esta energía están generando gran cantidad de calor.

De lo que no se es consciente, es que parte del calor que estos generan se desperdician y causa daños a los mismos aparatos eléctricos, alterando su normal funcionamiento y

provocando que se deterioren; este calor también es el causante de daños a la atmósfera y al ambiente, ya que, se retiene en ella y al llover, dicha lluvia cae ácida y se acumula en los lagos y ríos, produce la muerte de los animales acuáticos que habitan en estos, afecta el crecimiento de las plantas y origina la muerte de numerosas especies vegetales en los bosques y praderas. Además, existe un alto consumo de energía eléctrica y este factor influye en el costo más elevado de electricidad.

Los ecosistemas acuáticos se ven afectados por el ascenso térmico, porque varias especies de sangre fría que los habitan son muy sensibles a las variaciones de temperatura. Ellos no pueden regular su temperatura corporal como lo hacen otros animales.

La eutrofización produce un exceso de nutrientes que favorece el crecimiento de algas que enturbian el agua. Este fenómeno provoca de muchos animales de la zona se extingan o migren al disminuir la calidad del agua, dejándola con malos olores. A su vez, peces de aguas más cálidas se dirigen hacia estas zonas perjudicando el equilibrio biológico.

El agua caliente contiene menos oxígeno que la fría, por lo que los animales y plantas que necesiten mucho oxígeno para vivir y no se adapten a esas nuevas condiciones tendrán que emigrar o morirán.

El aumento de la temperatura en ríos, lagos y mares provoca la proliferación de organismos patógenos como bacterias y parásitos. Estos se adaptan muy bien al agua caliente provocando una alta mortandad de peces y animales acuáticos. Este tipo de contaminación afecta de muchas maneras a la vida de los peces, afecta su reproducción, cambia sus hábitos alimenticios y al tamaño de sus crías. Mientras que las plantas que habitan bajo el agua aceleran la fotosíntesis, repoblando la zona a mucha velocidad.

La contaminación térmica a nivel mundial tiene efectos nocivos a largo plazo sobre el planeta, pero las secuelas que dejan a corto plazo y que dañan el medioambiente son muy graves porque afectan sobre todo a las ciudades superpobladas, donde funcionan grandes fábricas e industrias.

Los cambios de temperatura en la superficie terrestre afecta la salud y el bienestar del hombre. Este ascenso térmico provocado por la actividad industrial, los gases de los coches y la deforestación han creado una "isla de calor" o cúpula sobre las grandes ciudades compuesta de partículas y sustancias contaminantes, que luego caen al suelo transformados en lluvia ácida.

Las graves consecuencias de la contaminación térmica han impactado sobre la vida de las personas y del resto de los seres vivos. Han provocado la migración de poblaciones enteras, ha contribuido al aumento del calentamiento global y de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector energético colombiano está conformado por distintas entidades y empresas que cumplen diversas funciones en los mercados de generación, transmisión, comercialización y distribución de energía. A continuación, presentamos algunos términos que pueden facilitar el conocimiento del sector y algunas de las entidades que lo conforman.

El departamento es el que más aporta en generación, captación y distribución de energía eléctrica.

Indicó que Antioquia genera alrededor del 30 por ciento de la energía del país, pero administra entre el 52 y el 55 por ciento de esta. “Esto quiere decir que desde la ciudad se administra y controla el despacho y el mercado de la energía eléctrica. Es decir, tiene la administración del mercado y los grandes transportadores de energía como lo son ISA, EPM y Celsia.

A partir de la anterior información, es necesario proponer y desarrollar diferentes métodos mediante los cuales podamos dar fin a esta problemática o disminuirla drásticamente y obtener resultados por medio de las energías renovables, y la alternativa de solución propuesta mediante este trabajo de investigación es: la celda peltier como parte de un dispositivo logrando el mayor aprovechamiento del calor generado y a su vez desperdiciado por los aparatos eléctricos para el óptimo beneficio e impacto tanto social y económico, como ambiental.

Para empezar a entender el efecto Peltier, hace falta primero conocer los efectos termoeléctricos de Joule, Seebeck y Thomson. La interacción entre un fenómeno eléctrico y térmico se conoce desde el siglo XIX, cuando Joule observó que la materia ofrece cierta resistencia al movimiento de los electrones, los cuales ceden energía cinética al entorno en los sucesivos choques (efecto Joule). Esta energía proporcionada por los electrones se disipa en forma de calor. Sin embargo, no es éste el único fenómeno de interacción termoeléctrica. El efecto Peltier fue descubierto en el año 1834 por el físico francés Peltier J. C. A. Surgió sobre la base del descubrimiento del físico alemán Seebeck T. J. en 1821, quien observó que, en un circuito formado por dos conductores distintos, cuyas uniones soldadas se encuentran en medios con temperaturas distintas, aparece entre ambos una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial es función de la naturaleza de los conductores y de la diferencia de temperaturas. Este dispositivo se conoce como termopar. La esencia del efecto Peltier, que básicamente es el contrario del efecto Seebeck, consiste en hacer pasar una corriente procedente de una fuente de energía, a través de un circuito formado por dos conductores de distinta naturaleza, obteniéndose que una de sus uniones absorbe calor y la otra lo cede. El calor que cede el foco caliente será la suma de la energía eléctrica aportada al termo elemento y el calor que absorbe el foco frío. Estos termo elementos, configurados de este modo, constituyen una máquina térmica. El efecto Thomson, descubierto en 1857 por Thomson W., consiste en la absorción o liberación de calor por parte de un conductor eléctrico, con un gradiente de temperaturas, por el cual circula una corriente eléctrica.

Existen diferentes alternativas de solución como métodos de transformación para abarcar el problema, las búsquedas bibliográficas extensivas contribuyen a la propuesta de las mismas y por ende al desarrollo.

Se ha logrado dar con un modo de mejorar radicalmente los materiales termoeléctricos, un hallazgo que podría conducir algún desarrollo de mejores paneles solares, aparatos de refrigeración con mayor eficiencia energética, e incluso la creación de nuevos dispositivos capaces de convertir en electricidad adicional la enorme cantidad de calor desperdiciado en las centrales eléctricas.

El efecto termoeléctrico es la conversión directa de las diferencias de temperatura a tensión eléctrica y viceversa. Un dispositivo termoeléctrico crea tensión cuando hay una temperatura diferente en cada lado. A la inversa, cuando se aplica un voltaje a la misma, se crea una diferencia de temperatura. Este efecto puede ser utilizado para generar

electricidad, la temperatura medida o cambiar la temperatura de los objetos. Debido a que la dirección de la calefacción y la refrigeración se determina por la polaridad de la tensión aplicada, los dispositivos termoeléctricos se pueden utilizar como controladores de temperatura. El término "efecto termoeléctrico" abarca tres efectos identificados por separado: el efecto Seebeck, el efecto Peltier y el efecto Thomson, los tres se pueden producir con una celda Peltier.

El efecto Peltier fue descubierto en el año 1834 por el físico francés Peltier J. C. A. Básicamente consiste en hacer pasar una corriente procedente de una fuente de energía, a través de un circuito formado por dos conductores, obteniéndose que una de sus uniones absorbe calor y la otra lo cede.

Un ejemplo interesante de aplicación del efecto Peltier es como enfriador rápido de líquidos, donde lo primero será construirse un disipador para la célula Peltier, adquiriendo en las tiendas de componentes electrónicos.

Y el efecto Seebeck, que es con el que queremos utilizar para el desarrollo de nuestro trabajo, surgió sobre la base del descubrimiento del físico alemán Seebeck T. J. en 1821, quien observó que, en un circuito formado por dos conductores distintos, cuyas uniones soldadas se encuentran en medios con temperaturas distintas, aparece entre ambos una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial es función de la naturaleza de los conductores y de la diferencia de temperaturas. Este dispositivo se conoce como termopar.

Una investigación realizada por unos estudiantes del Centro Educativo Cruz Azul nos da un claro ejemplo del uso del efecto Seebeck, utilizan el calor corporal y la temperatura ambiente, dando lugar a una diferencia térmica y a su vez provoca una tensión eléctrica. Esta energía renovable que se obtienen es utilizada para cargar teléfonos celulares.

Y, por último, el efecto Thomson, descubierto en 1857 por Thomson W., consiste en la absorción o liberación de calor por parte de un conductor eléctrico, con un gradiente de temperaturas, por el cual circula una corriente eléctrica.

La nueva tecnología, basada en construir un conjunto de columnas nanométricas encima de una lámina de material termoeléctrico, representa una forma del todo nueva de abordar un problema centenario. El efecto termoeléctrico, descubierto en el siglo XIX, consiste en la capacidad de generar una corriente eléctrica a partir de una diferencia de temperatura entre un lado de un material y el otro. Y, a la inversa, la aplicación de un voltaje eléctrico a un material termoeléctrico puede causar que un lado del material se caliente, mientras que el otro se mantiene frío o, alternativamente que un lado se enfríe mientras que el otro permanece caliente.

Hemos realizados diferentes experimentos que nos han indicado el alto desempeño de la celda peltier y las retribuciones que podemos obtener al usarla, beneficios para la disminución del impacto negativo socioambiental que el calor ha tenido y la forma en que podemos contribuir entorno a las energías renovables.

## **METODOLOGÍA**

**Etapa 1: Elaboración de guía metodológica para llevar a cabo las actividades que contribuirán al desarrollo óptimo del proyecto.**

1. Planteamiento de actividades a desglosar.
2. Verificación de las actividades en conjunto (efectividad).

**Etapa 2: Revisión bibliográfica extensiva.**

1. Llevar a cabo la búsqueda de elementos para la conversión de calor a electricidad.
2. Comparar y relacionar los resultados de la búsqueda.
3. Analizar los resultados obtenidos.
4. Optar por el elemento apropiado para desarrollar el dispositivo.

**Etapa 3: Realizar diseños de prototipos para desarrollar el dispositivo.**

**Etapa 4: Obtención y experimentación con la célula peltier (Dispositivo).**

1. Obtener celda peltier.
2. Comprobar si su efecto es el apropiado para convertir el calor de los aparatos eléctricos.
3. Analizar resultados.

**Etapa 5: Relación entre los componentes del dispositivo.**

1. Comprobar la efectividad de los componentes unidos (conversión a electricidad).
2. Analizar resultados.

**Etapa 6: Instalación del dispositivo con todos sus elementos.**

1. Adherir medidor de energía y Célula Peltier al aparato eléctrico.
2. Conectar cables transportadores de calor al conector de todos los aparatos.
3. Electricidad obtenida, se transporta a un transformador que la almacena.
4. Instalar medidor de energía eléctrica en el transformador.
5. Cables transportan la electricidad al interior del hogar o batería.
6. Energía eléctrica lista para usarse.

## RESULTADOS

Encontramos a partir de la bibliografía, los elementos con los que vamos a recoger y convertir la energía calorífica de los aparatos eléctricos.

La celda Peltier funciona de forma adecuada en torno al horizonte a alcanzar, las estadísticas del calor convertido y la energía eléctrica obtenida son benéficas a la contribución.

Con base a los experimentos realizados con la celda peltier y los buenos resultados, se puede inferir de que es el elemento adecuado para el desarrollo del trabajo de investigación y los objetivos de la misma.

A partir de los experimentos realizados se ha observado que se puede generar 1,6 V al aprovechar el calor desperdiciado de una pistola de calor; en el que trabajamos con dos temperaturas (caliente-pistola y temperatura ambiente) por medio de la celda peltier obtuvimos el resultado arrojado. Cabe decir que, con un electrodoméstico que genere más calor podemos obtener mayor voltaje.

-El trabajo investigativo hará parte de las alternativas de energías renovables como proceso de desarrollo y propuesta ante la problemática

Finalmente esperamos alcanzar con esta investigación la construcción de un dispositivo que tenga la capacidad de recoger la energía calorífica y convertirla en energía eléctrica, con ayuda de la célula Peltier y los componentes agregados (dispositivo).

## CONCLUSIÓN

Con base en los experimentos realizados, se ha podido observar que mientras mayor sea la diferencia de temperatura entre las dos caras de la celda peltier, mayor es el voltaje generado por ésta, además se espera que al aumentar el número de celdas también aumente la energía generada, teniendo en cuenta que para esto se debe analizar la potencia ya que relaciona el voltaje y la corriente.

-Después de realizar el mismo experimento con diferentes referencias de celdas (la TEC1-12706 y la TEC1-12709), se puede concluir que la que tiene un mejor desempeño en cuanto a la transformación de energía eléctrica es la celda TEC1-12706.

## REFERENCIAS

Salud 180. (Febrero de 2015). Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de <http://www.salud180.com/salud-dia-dia/5-electrodomesticos-que-afectan-tu-salud>

Ángeles, H. C. (s.f.). *Calor corporal: Una alternativa para tu telefono*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017

Cobos, F. (2014). Recuperado el 17 de Febrero de 2015

E.F. (s.f.). *Electrodomésticos*. Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de [www.innovacion.universia.net](http://www.innovacion.universia.net)

EPM. (28 de Marzo de 2015). (E. d. Revolution, Entrevistador) Medellín.

EPM. (2015). *EPM*. Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de [www.epm.com.co/site](http://www.epm.com.co/site)

*InspiAction*. (s.f.). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/tipos-de-contaminacion/contaminacion-termica>

J., G. (s.f.). *Scitech-news*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de [www.scitech-news.com](http://www.scitech-news.com)

MERCADO, D. A. (24 de Noviembre de 2015). *EL TIEMPO*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2017, de EL TIEMPO: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16439222>

N, V. Z. (2007). La atmósfera . En M. C. Peña, *Enciclopedia Temática del Conocimiento-Biología Ecología* (pág. 928). Bogotá: Norma S.A.

P, M. L. (2007). Soluciones de problemas ecológicos. En M. L. P, *Enciclopedia Temática del conocimiento-Biología Ecología* (pág. 936). Bogotá: Norma S.A.

Patterson, G. -S. (05 de Diciembre de 2007). *Materias*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2013c2/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>

V., G. (s.f.). *Muy interesante*. Recuperado el 29 de Agosto de 2014, de [www.muyinteresante.es](http://www.muyinteresante.es)

- Patterson, G. -S. (05 de Diciembre de 2007). *Materias*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de <http://materias.df.uba.ar/labo4Ba2013c2/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>

MERCADO, D. A. (24 de Noviembre de 2015). *EL TIEMPO*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2017, de EL TIEMPO: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16439222>

Ángeles, H. C. (s.f.). *Calor corporal: Una alternativa para tu telefono*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017

## RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES

Mayerli Gil Restrepo: Estudiante del Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación, cursa grado décimo, integrante y utilera del equipo de investigación "Innovation Revolution" hace aproximadamente 3 años.

Daniel Cano Mesa: Estudiante del Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación, cursa grado décimo, integrante y comunicador del equipo de investigación "Innovation Revolution" hace aproximadamente 3 años.

Laura García Cortés: Estudiante del Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación, cursa grado décimo, integrante y vigía del tiempo del equipo de investigación "Innovation Revolution" hace aproximadamente 3 años.

Kelly González Montoya: Estudiante del Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación, cursa grado décimo, integrante y relatora del equipo de investigación "Innovation Revolution" hace aproximadamente 3 años.

Ana María Hurtado Sánchez: Estudiante del Colegio Loyola Para La Ciencia Y La Innovación, cursa grado décimo, integrante y líder del equipo de investigación "Innovation Revolution" hace aproximadamente 3 años.

Esteban Sepúlveda Orozco: Recibió su título de Ingeniero de control en la Universidad Nacional de Colombia en el año 2010 y el título de Magíster en Ingeniería Mecánica en el año 2015 en la misma universidad, desarrollando su proyecto alrededor del tema de los *Energy Harvesting*.





3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# PROTOTIPO DE CAFETERÍA AUTO SOSTENIBLE CON ENERGÍA SOLAR PARA LA TECNOACADEMIA DE NEIVA.

PROTOTYPE OF A SELF-SUSTAINABLE SOLAR-POWERED  
CAFETERIA FOR THE NEIVA TECHNOACADEMY.



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# **PROTOTIPO DE CAFETERÍA AUTO SOSTENIBLE CON ENERGÍA SOLAR PARA LA TECNOACADEMIA DE NEIVA.**

## **PROTOTYPE OF A SELF-SUSTAINABLE SOLAR-POWERED CAFETERIA FOR THE NEIVA TECHNOACADEMY.**

Karol Johana Zambrano Cruz,  
Diego Camilo Celada Lozada,  
Gelmun Estit Uribe Mejía.

Tecnoacademia Neiva - Centro de la Industria, La Empresa y los Servicios  
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA Regional Huila  
Neiva, Huila, Colombia.

### **RESUMEN**

El proyecto presenta una investigación basada en el desarrollo del diseño e implementación de un sistema empleado para la adecuación de una cafetería fundamentada en energías renovables, a fin de implementar tecnología de autoproducción energética para el diseño y fabricación de objetos que contribuyan a la concientización del desperdicio energético del ser humano, y por otra más fundamental, al desarrollo de la implementación de las energías renovables. El ser humano se ha encargado de extraer energía de la naturaleza en diferentes campos, como ejemplo: de los bosques, mares, ríos, viento y sol, sin medir las consecuencias que puede traer esto al medio ambiente; la sobrepoblación ha hecho que aparezcan nuevas técnicas para su obtención aumentando el daño en nuestro entorno. El progreso es inevitable, imparable, no es malo, el progreso trae cada vez más opciones, más libertad a las personas que lo disfrutan, pero es indiscutible que también genera problemas en el ambiente. En las diferentes disciplinas de las ciencias, se encuentran las ciencias ambientales su objetivo se fundamenta en investigar y conocer las relaciones entre el ser humano y la naturaleza, relaciones en la cual intervienen diferentes áreas que logran abarcar los diferentes elementos para el estudio de problemas ambientales que generen la propuesta de modelos y/o herramientas para el desarrollo sostenible. Se propone el diseño de un sistema de transferencia electrónica que facilita el uso de la energía eléctrica DC proveniente del panel solar, suprimiendo de esta manera, la utilización del inversor de voltaje, comúnmente usado en este tipo de aplicaciones y que eleva el costo de utilización de la energía solar. El diseño de dicha cafetería permitirá a los aprendices facilitar el aprendizaje en fundamentos de ciencias del medio ambiente, electrónica, energías renovables, domótica, entre otras. Este proceso es desarrollado por los aprendices del grado octavo del semillero MATROBINGS de la Tecnoacademia Neiva, se espera construir un prototipo que responda a una serie de reglas de las energías renovables, para que así logren la apropiación del conocimiento a través del aprendizaje constructivo, con los cuales se persigue incentivar en los estudiantes la motivación por aprender, reconocer y aplicar conceptos en problemáticas reales y a su vez pueda ser manipulado mediante una aplicación móvil que permita coordinar los mecanismo y su funcionamiento.

**Palabras claves:** Auto sostenible, Energía Renovable, Energía Solar, Tecnoacademia.

## **ABSTRACT**

The project presents a research based on the development of the design and implementation of a system used for the adaptation of a cafeteria based on renewable energies, in order to implement energy self-production technology for the design and manufacture of objects that contribute to the awareness of waste energetic of the human being, and by another more fundamental, to the development of the implementation of the renewable energies. The human being has been responsible for extracting energy from nature in different fields, such as forests, seas, rivers, wind and sun, without measuring the consequences that this can bring to the environment; overpopulation has led to the emergence of new techniques for its production, increasing the damage in our environment. Progress is inevitable, unstoppable, not bad, progress brings more and more options, more freedom to the people who enjoy it, but it is indisputable that it also generates problems in the environment. In the different disciplines of the sciences, are the environmental sciences its objective is to investigate and to know the relations between the human being and the nature, relations in which different areas intervene that manage to cover the different elements for the study of environmental problems that generate the proposal of models and / or tools for sustainable development. It is proposed the design of an electronic transfer system that facilitates the use of DC electric energy from the solar panel, thus suppressing the use of the voltage inverter, commonly used in this type of applications and which raises the cost of use of solar energy. The design of this cafeteria will allow apprentices to facilitate learning in fundamentals of environmental sciences, electronics, renewable energy, home automation, among others. This process is developed by eighth grade apprentices from the MATROBINGS nursery at Tecnoacademia Neiva. It is hoped to build a prototype that responds to a series of rules of renewable energies, so that they can achieve the appropriation of knowledge through constructive learning, with which aims to encourage students to learn, recognize and apply concepts in real problems and in turn can be manipulated through a mobile application that allows to coordinate the mechanism and its operation.

**Keywords:** Self-sustainable, Renewable Energy, Solar Energy Systems, Tecnoacademia.

## **INTRODUCCIÓN**

El prototipo de Biocafetería está orientado a disminuir el consumo de energía eléctrica, de esta forma aminorar el daño ambiental producido en ocasiones por la energía entregada por la red eléctrica convencional, a través del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Se propone el diseño de un sistema de transferencia electrónica que facilita el uso de la energía eléctrica DC proveniente del panel solar, suprimiendo de esta manera, la utilización del inversor de voltaje, comúnmente usado en este tipo de aplicaciones y que eleva el costo de utilización de la energía solar. El diseño de dicha Biocafetería permitirá

a los aprendices facilitar el aprendizaje en fundamentos de ciencias del medio ambiente, electrónica, energías renovables, domótica, entre otras.

Este proceso es desarrollado por los aprendices del grado octavo vinculados al semillero MATROBINGS de la Tecnoacademia Neiva, con la finalidad de construir un prototipo que responda a una serie de reglas de las energías renovables, para que así logren la apropiación del conocimiento a través del aprendizaje constructivo, con los cuales se persigue incentivar en los estudiantes la motivación por aprender, reconocer y aplicar conceptos en problemáticas reales.

La Tecnoacademia es un escenario de aprendizaje de las ciencias básicas y las tecnologías emergentes fundamentado para orientar las competencias dirigidas hacia la innovación, a través de la formación por proyectos de formación y/o investigación aplicada, para producir con el conocimiento adquirido habilidades en el aprendiz que generen la capacidad para solucionar problemas cotidianos el mundo laboral con recursos innovadores para el sector productivo (SENA, 2010); con la Biocafetería se busca generar mayor comprensión por una área de la electrónica como lo son las energías renovables de tal forma que se privilegie la aplicación para que el educando de esta forma reflexione y analice sobre la enseñanza desarrollada mediante la construcción de manera autónoma, para el reconocimiento del proceso, aplicado a la solución de problemáticas cotidianas a partir de conceptos definidos.

Es por ello que ante dicha situación, es necesario implementar el proceso de enseñanza bajo la mirada de la pedagogía constructivista se debe rescatar que ésta, postula la necesidad de entregar al aprendiz herramientas que sean necesarias para la creación de sus propios procedimientos con el fin de resolver una situación problemática. Dentro de la aplicación del proceso de enseñanza-aprendizaje, el docente es quien brinda los elementos necesarios, los cuales facilitarán y permitirán un mejor desempeño cognitivo de los estudiantes, porque el propio docente contextualiza y tiene en cuenta la realidad en la que se halla el estudiante a la hora de aprender. En lo que respecta a la otra herramienta pedagógica de alternativa (pedagogía activa), se debe considerar que ésta se establece en una organización docente dirigida hacia el estudiante que permita eliminar la pasividad, la memorización de los conocimientos transmitidos, utilizando en sí una didáctica de respuesta, unas necesidades internas que enseñen entre otras cosas a vencer de manera consciente las dificultades en el estudiante completando así la ejecución de las didácticas críticas en el ambiente de aprendizaje.

En las diferentes disciplinas de las ciencias interdisciplinarias, se encuentran las ciencias ambientales en la cual su objetivo se fundamenta en investigar y conocer las relaciones en las que interviene el ser humano con la naturaleza. Relaciones en la cual intervienen diferentes áreas multidisciplinarias que logran abarcar los diferentes elementos para el estudio de problemas ambientales que generen la propuesta de modelos y/o herramientas para el desarrollo sostenible.

En la enseñanza de las CTEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) manipular recursos tecnológicos y material concreto en los métodos de enseñanza-aprendizaje, favorece la interacción de los conocimientos con la estructura cognitiva de cada uno de los aprendices, por consiguiente, se fortalece el aprendizaje significativo, al tiempo que se logra la motivación en el área, transformar su comportamiento y dar sentido al nuevo conocimiento. Según la OCDE "Las economías modernas recompensan a los individuos no

por lo que saben, sino por lo que pueden hacer con lo que saben" (OCDE, 2016). De acuerdo a la propia realidad educativa, las técnicas de enseñanza que se viven en un salón de clases parecen estar ligados en su inmensa mayoría a la aplicación de un método común, o de un modelo particular el cual es generado por la acción del docente. Dicha característica pedagógica, apunta a la consideración de un modelo tradicional como la herramienta de trabajo más frecuente por parte del profesor, debido a que se consagra en la formación conceptual de los estudiantes, porque toma en consideración los niveles reproductivos del conocimiento, limitando en sí el pensamiento reflexivo, analítico, el lógico y crítico de los educandos que residen en el aula de clases. Desde esta perspectiva, el papel del educador como eje central en un ambiente de formación es organizar el contexto en el cual se beneficie el pensamiento reflexivo y crear condiciones que estimulen la curiosidad en los aprendices. Según Dewey la acción de la institución educativa debe tener como objetivo favorecer a los estudiantes a actuar reflexivamente. "La persona reflexiva 'ata cabos', reconoce, calcula, se arriesga a encontrar explicación". (Castañeda, 2005).

Las energías renovables se encuentran a medida que pasa el tiempo extendiéndose y de esta forma crece las personas que instalan paneles en casa ya sea a partir de una reforma o de la construcción de una casa nueva, pero ¿cómo construir una casa con energía renovable? ¿Cuáles son las fuentes de energía que podemos utilizar? Son preguntas que nacen desde el semillero Matrobings de la Tecnoacademia de Neiva, desde allí se evidencia la falta de un espacio para compartir en receso en las instalaciones, se observa que compran o llegan a la puerta del establecimiento a vender productos desde esta realidad educativa se desea implementar los conceptos de energías renovable en la construcción de un prototipo funcional que pueda ser implementado en esta zona dirigiéndose a la solución del siguiente interrogante ¿Cómo diseñar y construir un prototipo de cafetería auto sostenible para la Tecnoacademia?

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

A nivel mundial, la producción de electricidad renovable en el 2015 continuó dominada por los grandes generadores, los cuales son propiedad de empresas de servicios públicos o de grandes inversionistas. Al mismo tiempo, existen mercados en los que la distribución de la generación renovable a pequeña escala ha despegado, o comienza a hacerlo. Bangladesh es el mayor mercado del mundo para sistemas solares domésticos, mientras que otros países en desarrollo (por ejemplo, Kenia, Uganda y Tanzania, en África; China, India y Nepal en Asia; Brasil y Guyana en América Latina) están experimentando una rápida expansión de sistemas renovables a pequeña escala, incluyendo mini-redes de energía renovable, y así poder abastecer de electricidad a las personas que viven alejadas de la red. (REN21, 2016).

En Colombia las energías renovables como la solar y eólica tienen una contribución marginal en el mercado de generación eléctrica. En paneles fotovoltaicos se estima hay actualmente entre unos 9 y 11 MWp (Mega Waltios de potencia) instalados en sistemas aislados o en distintas aplicaciones, mientras que en energía eólica se cuenta con 19.5 MW del parque eólico Jepírachi. Ante esta situación, la Ley 1715 de 2014 busca promover la inclusión de este tipo de tecnologías. (Ministerio de Minas y Energía - República de Colombia, 2015). En la actualidad se desarrollan diferentes técnicas y métodos para obtener energía de manera más rentable y con menos causalidad de daños para el medio

ambiente, ejerciendo así cambios y potenciando las fuerzas de la naturaleza, dichas técnicas se han aplicado en el transcurrir del tiempo están siendo aplicadas en casas ecológicas aprovechando la energía solar, la e. eólica, entre otras. La energía renovable es la energía cuya fuente se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable (Real academia Española, 2017). Se han establecido en todo el mundo como una importante fuente de energía, su rápido crecimiento, particularmente en el sector eléctrico, es impulsado por diversos factores, incluyendo el aumento de la rentabilidad de las tecnologías; iniciativas de política aplicada; seguridad energética y cuestiones de medio ambiente; demanda creciente de energía en economías en desarrollo y emergentes; y la necesidad de acceso a una energía modernizada.

Los paneles fotovoltaicos atrapan la energía irradiada por el sol y los proporciona en forma de electricidad. El aprovechamiento del recurso solar para satisfacer las necesidades eléctricas de un hogar depende en parte de las condiciones del clima, y en otra parte en los patrones de consumo de la zona. Esto es debido al hecho de que la cantidad de radiación solar que llega a la tierra depende de factores individuales para el área, tales como la latitud, la cobertura de nubes, la humedad, el polvo y el smog, entre otros. (Legal Iga & Leal Iga, 2015).

Como menciona (Cruz Ardila, Cardona Gómez, & Hernández Porras, 2013) “En el 1883, Charles Fritts, un inventor norteamericano, creó la primera celda solar que tenía una eficiencia del 1%. Fue construida utilizando un material semiconductor como el Selenio, acompañado de una capa de oro muy delgada. Su uso se restringió únicamente a sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas, debido a su alto costo de fabricación (Pacheco, 2010). Hoy en día se utilizan celdas de Silicio que provienen de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl, que se realizaron en 1946, aunque la celda fue construida en 1940. La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells, donde de manera accidental al desarrollar un experimento con materiales semiconductores se encontró la gran sensibilidad a la luz por parte del Silicio con algunas impurezas. Y estos avances contribuyeron a la producción comercial de celdas fotovoltaicas, que alcanzaron una eficiencia del 6% (Pacheco, 2010 p. 6) (Jofra, 2010)”.

Este proceso se hace mediante la transformación de la energía solar transformándola a energía eléctrica: la luz solar se refleja en el panel solar el cual está hecho de silicio que contiene dos placas y a su vez están formadas por células fotovoltaicas las que hacen posible al panel poder recibir la energía solar, en el panel los fotones hacen que los electrones choquen entre ellos transformando la energía solar en energía alterna después se pasa al convertidor donde se transforma la energía alterna en energía eléctrica luego se pasa a un contador el cual se encarga de esparcirla por las redes eléctricas todo este y así desarrollar idea de crear una Biocafetería auto sostenible ya que en las instalaciones de Tecnoacademia no existe una cafetería, así se decide desde el semillero matrobings diseñarla con la aplicación de energías renovables para contrarrestar los daños ambientales.

## **METODOLOGÍA**

La metodología planteada para desarrollar el proyecto es la de las CTEAM: en la cual se interviene la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas de una forma interdisciplinar para involucrar la construcción del prototipo funcional. Además, con enfoque cuantitativo en la medición de las variables.

En el presente trabajo se encuentra en ejecución con una duración determinada de un periodo de un año, dividido en cinco etapas. En la cual cada una de las fases se valida en el transcurso de la formación dirigidas en el logro de los objetivos planteados.

### **Primera fase: Análisis y fundamentación:**

Correspondió a la revisión de la vigilancia tecnológica de los trabajos e investigaciones realizadas con las temáticas a implementar para así fundamentar la prospectiva tecnológica del prototipo a construir.

### **Segunda fase: Planeación y Desarrollo:**

Se realizó la recopilación de la información para seleccionar y determinar los materiales y equipos necesarios, además obtener cálculos valores estimados para la realización del modelo circuito de la aplicación electrónica y de esta forma definir el diseño a construir.

### **Tercera Fase: Ejecución:**

En esta fase interviene la comprensión de pruebas y ajustes necesarios a la aplicación electrónica en el laboratorio, simulando las condiciones reales de funcionamiento.

Se inicia la etapa de diseño, construcción del prototipo de Biocafetería con energías renovables.

### **Cuarta Fase: Implementación:**

Se realizó el montaje y adecuación de la aplicación electrónica fundamentada en la plataforma Arduino en donde se somete a un periodo de prueba para evaluar su funcionamiento, confiabilidad y el consumo de energía eléctrica de la red pública por parte de la vivienda, además se implementa una aplicación para que el funcionamiento sea a partir de la domótica.

### **Quinta Fase: Resultados:**

Se realiza la etapa de evaluación del funcionamiento del prototipo de Biocafetería en ella se verifican los resultados obtenidos y se contrastaron con el objetivo general planteado, para la elaboración tanto de un informe escrito como un artículo que presente aspectos de diseño y el desarrollo del proyecto.

Luego se realiza análisis de ciclo de vida del prototipo a diseñar e implementar, durante el periodo de prueba, incluyendo todas las variables del análisis

## RESULTADOS

El prototipo diseñado como desarrollo tecnológico mejorando las capacidades productivas de una cafetería cotidiana que se encuentran en los establecimientos educativos como producto para un mejorar un proceso de un servicio para la comunidad educativa de la Tecnoacademia de Neiva.

Como resultados parciales se tiene un prototipo funcional, diseñado como maqueta para la aplicación de las energías renovables: solar. Que a partir de ellas se genera la electricidad de los componentes que intervienen en ella: Luz, movimientos, entre otros.

**Figura 1.** Prototipo funcional con fuente de energías renovables.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se diseñó un prototipo funcional en el que se instaló paneles para que el proceso es de la luz que llega en forma de fotones, impacte sobre una ellos y de esta forma se presenten electrones que -al ser almacenados produzcan una corriente eléctrica y de este modo poder conseguir que la energía solar se acabe convirtiendo en energía con la cual se puedan prender los electrodomésticos simulados en el prototipo y además permita el movimiento de las puertas a las cuales se les instalaron servo-motores para su funcionamiento autónomo.

A partir de los electrodomésticos simulados: licuadora, nevera, las bombillas y sus puertas, paralelamente se diseña una aplicación móvil controlada desde un celular Android que permita la facilidad de manipular los componentes instalados.

Además los aprendices han adquirido saberes para la aplicación de dichas energías como mecanismos para mitigar la contaminación ambiental que generan otros tipos de energía, de esta forma este tipo de fuentes de energía son conservativas del medio ambiente, no queriendo decir con esto que no sea perjudicial para su entorno, pero estos efectos negativos son demasiado pequeños, si se comparan con los impactos ambientales que conlleva el uso de las fuentes de energía convencionales (petróleo, gas, carbón), anotando además que los efectos negativos por parte de las energías renovables, son casi siempre reversibles (Díaz Narváez & Díez Cardona, 2007).



## CONCLUSIÓN

El proyecto busca generar conciencia en la comunidad académica sobre el cambio ambiental que genera el hombre. Colombia es un país con diversidad ecológica y el privilegio de contar con una geografía que brinda herramientas para implementar las energías alternativas. La principal tarea es utilizar dichos recursos en la Tecnoacademia de Neiva con la construcción del prototipo de la Biocafetería.

El departamento del Huila cuenta con el beneficio de la energía solar, quizás las más importantes y con más implementaciones dentro de los desarrollos realizados a nivel mundial. Para desarrollar este proyecto se plantearon una serie de objetivos que encaminaron el correcto desenlace, tanto en organización como puesta en marcha y operación de un sistema fotovoltaico, encontrando en este camino la necesidad de cubrir otros aspectos no considerados en la problemática que dio vida al proyecto, como lo fue la necesidad de reducir costos en la implementación de este tipo de sistemas, lo cual permitió el planteamiento de otro objetivo encaminado a este requerimiento, el cual se cumplió satisfactoriamente al plantear una estructura de sistema fotovoltaico muy diferente a la estructura convencional, suprimiendo etapas y trabajando con otras tecnologías (luminarias), que brindan el mismo servicio, beneficio y menor costo de implementación.

Es posible, con base en los resultados obtenidos, desarrollar sistemas domóticas con tecnología propia y fuentes de energía renovables, minimizando costos y optimizando recursos.

A partir del diseño de este proyecto se puede lograr impacto en las comunidades a través del aumento de las horas de prestación del servicio, para mejorar las condiciones de vida y avance tecnológico, social y cultural pieza fundamental en los objetivos planteados por que la investigación se dirige a las instituciones educativas de la región.

Este desarrollo permite también el planteamiento de un trabajo futuro, consistente en el dimensionado e implementación de un sistema fotovoltaico para cubrir las necesidades de suministro de energía eléctrica para una vivienda, y para las cafeterías que están ubicadas en todos los colegios del departamento contando con una base tanto con la parte teórica como con el prototipo desarrollado en este trabajo.

## REFERENCIAS

- Arduino. (23 de Marzo de 2005). Arduino. Obtenido de Arduino: <https://www.arduino.cc/>
- Castañeda, J. A. (2005). El maestro como artista: la formación. *Intercontinental de Psicología y Educación*, 10.
- Cruz Ardila, J. C., Cardona Gómez, J. C., & Hernández Porras, D. M. (2013). *Aplicación electrónica para el ahorro de energía eléctrica utilizando una energía alternativa*. Cali: Entramado.
- Ministerio de Minas y Energía - República de Colombia. (2015). *Plan energético Nacional Colombia: Ideario energético 2050*. Bogotá: UPME.

Legal Iga, J., & Leal Iga, C. (2015). La radiación solar en los proyectos urbanos: análisis financiero de un sistema fotovoltaico para una casa de vivienda en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Santiago: Revista de la Construcción.

RAE. (2001). Diccionario de la lengua española. Obtenido de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/>

REN21. (2016). Reporte de la situación mundial: Energías renovables 2016. REN21.

Raspberry (20 Febrero de 2017). Obtenido de Raspberry: <https://www.raspberrypi.org/>

SENA, C. D. (2010). Acuerdo 9 del 2010. Por el cual se establecen políticas para el programa de Tecnoacademias y Tecnoparques, 5. Bogotá, Colombia.

Vygotski. (1935/1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad preescolar. Infancia y aprendizaje. 116.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Karol Johana Zambrano Cruz: Matemático, candidata a Magister en Educación con énfasis en Docencia e Investigación Universitaria, de la Universidad Surcolombiana, identificada con cedula de ciudadanía número 1.075.252.747 de Neiva- Huila (Colombia), Facilitadora de Matemática Aplicada de la línea Ciencias Básicas de la Tecnoacademia de Neiva, adscrita al centro de la Industria, la empresa y los Servicios, SENA Regional Huila. Correspondencia: kzambrano@sena.edu.co; kjzambrano@misena.edu.co

Diego Camilo Celada Lozada: Ingeniero Electrónico de la Universidad Antonio Nariño, candidato a Magister en Ingeniería de Control Industrial, identificado con la cedula de ciudadanía número 1.075.255.734 de Neiva- Huila (Colombia), Facilitador de Robótica de la línea de ingeniería y diseño de la Tecnoacademia de Neiva adscrita al centro de la Industria, la empresa y los Servicios, SENA Regional Huila. Correspondencia: dcelada@sena.edu.co; dcelada4@misena.edu.co

Gelmun Estit Uribe Mejía: Estudiante de grado decimo en la Institución Educativa Enrique Olaya Herrera articulado al proceso de formación del semillero MATROBINGS de la Tecnoacademia de Neiva. gelmun15@gmail.com.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

**SENNOVA**

Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN 2590-5481

# CARACTERIZACION DE PROYECTOS DE ENERGIA RENOVABLE EN COLOMBIA

CHARACTERIZATION OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS  
IN COLOMBIA



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# CARACTERIZACION DE PROYECTOS DE ENERGIA RENOVABLE EN COLOMBIA

## CHARACTERIZATION OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS IN COLOMBIA

Zamir Andrés Martelo Ballesteros,  
Raúl José Martelo Gómez,  
David Franco Borre,  
Universidad de Cartagena

### RESUMEN

La energía renovable constituye un recurso esencial para el avance en cualquier país. De la misma forma, se debe tener en cuenta que se recurre a la energía renovable como sustituto de los combustibles fósiles, debido a que generan menos impacto ambiental. En Colombia existe diversidad de proyectos que implementan energías renovables como: sistema de calentamiento solar de agua, proyecto hidroeléctrico Ituango para la generación de energía, la distribución de vapor y aguas frías y calientes, entre otros, de los cuales es importante destacar aspectos relevantes que tengan en común considerando el tipo de energía utilizada, debido a que constituye una base para la realización de futuros proyectos. Por lo anterior hacer caracterizaciones es importante, porque representa un medio para dar a conocer variables determinantes en proyectos de energías renovables realizados en Colombia y establecer descripciones cualitativas según el tipo de energía utilizada y el contexto. Esta investigación se realizó con el objetivo de caracterizar proyectos de energía renovable en Colombia considerando variables como el lugar, tipo de energía utilizada, potencia instalada, entre otros. Como metodología se indagó sobre distintos proyectos realizados en Colombia, se revisaron con el fin de realizar descripciones y establecer variables determinantes para elaborar comparaciones y se analizaron a través de caracterizaciones. Como resultados se obtuvieron proyectos de energía renovables como Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales, Parque Eólico Jepírachi y Escuela Rural de la vereda El Cerrito; los cuales fueron caracterizados considerando el tipo de energía utilizada y se determinó que el contexto en el que se desarrollaron la mayoría fue de tipo social, además, la potencia instalada es proporcional al tamaño de proyecto.

**Palabras claves:** Recurso eólico, Recurso solar, Recursos, Recurso hidroeléctrico, Recurso de biomasa.

## ABSTRACT

Renewable energy is an essential resource for development in any country. In the same way, it must be taken into account, that renewable energy is used as a substitute for fossil fuels, because they generate less environmental impact. In Colombia there is a diversity of projects that implement renewable energies such as: solar water heating system, Ituango hydroelectric project for the generation of energy, steam distribution and hot and cold water, among others, which it is important to highlight relevant aspects that have in common considering the type of energy used, because it constitutes a basis for the realization of future projects. Because of the before characterization is important, because it represents a means to publicize determining variables in renewable energy projects in Colombia and to establish qualitative descriptions according to the type of energy used and the context. This research was carried out with the objective of characterizing renewable energy projects in Colombia considering variables such as location, type of energy used, installed power, among others. As a methodology was investigated on different projects carried out in Colombia, they were revised in order to make descriptions and establish variables to make comparisons and analyzed through characterizations. As a result, renewable energy projects such as Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales, Parque Eólico Jepírachi and Escuela Rural de la vereda El Cerrito were obtained; which were characterized considering the type of energy used and it was determined that the context in which the most were developed was of social type in addition that the installed power is proportional to the size of the project.

**Keywords:** Wind resource, Solar resource, Hydroelectric resource, Biomass resource.

## INTRODUCCION

A partir de los siglos XIX y XX, se optó por la utilización de otras fuentes generadoras de energía con el fin de suplir la demanda que se ha incrementado desde la revolución industrial (Roldán, 2013), por ello, existe la Energía renovable. La energía renovable es aquella que utiliza fuentes de energía natural que producen menos contaminación y no necesitan emplear recursos (Castells, 2012). Adicionalmente, la Energía renovable se fundamenta en la generación automática y constante de energía por parte de la naturaleza y puede proceder del sol o cualquier otro tipo de proceso realizado por el medio ambiente (Ellaban, Abu-Rup & blaadjerg, 2014). Por lo anterior, esta conduce a mayor sostenibilidad y progreso de un país.

La energía renovable como fundamento para el desarrollo sostenible resulta adecuada debido a que proviene de fuentes naturales como el viento, el sol o el agua, las cuales son accesibles e inagotables en una escala humana, teniendo en cuenta que generan menos contaminación en comparación con el uso de combustibles fósiles (Kara, 2015). Existen distintos tipos de energía renovable: solar, hidroeléctrica, eólica, geotérmica y biomasa (Rodríguez-Borges & Sarmiento-Sera, 2010); donde las tres primeras son las más utilizadas a nivel mundial (Bhandari, Ahn & Ahn, 2016). Como aplicación de la energía renovable se tienen proyectos que intentan resolver problemáticas de tipo industrial (Juárez-Hernández & León, 2014), económico (Ushimaru, 2012), entre otros. En Colombia por ejemplo se han realizado diversos proyectos como el Proyecto Hidroeléctrico Ituango (EPM, 2017),

Escuela Rural de la verde El cerrito (Hybrytec, 2017), Proyecto Ishipa Wayuú (Hybrytec, 2017), entre otros.

De acuerdo a lo descrito, se considera que la energía renovable como fuente de desarrollo en Colombia conlleva a beneficios, además, se debe destacar diversos parámetros a tener en cuenta al realizar proyectos de energía renovable como lugar de realización, objetivo, tipo de energía utilizada y la potencia instalada. Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación tiene como objetivo caracterizar proyectos realizados en Colombia, considerando el tipo de energía renovable que se utilizó y destacando variables cualitativas a tener en cuenta como fundamento en la elaboración de proyectos.

## **FUNDAMENTO TEORICO**

**Combustible fósil:** Se denomina combustible fósil a sustancias conformadas por organismos muertos que durante mucho tiempo se mantuvieron bajo tierra y rocas sedimentarias (Rice, 2017).

**Energía renovable:** Es aquella que se obtiene de fuentes naturales de energía de manera constante que se encuentran en el medio ambiente (Twidell & Weir, 2015), Además, la energía renovable se clasifica en Eólica, Hidroeléctrica, Biomasa, Solar y Geotérmica.

**Energía eólica:** La Energía eólica es aquella que se apoya en la velocidad del viento como fuente natural para su generación. Por ello, la construcción de aerogeneradores como medio de aprovechamiento (Martínez & Parada, 2014). Además, no produce efecto invernadero (Ortiz & Cáceres, 2015).

**Energía hidroeléctrica:** Es aquella que surge al aprovechar el movimiento del agua, principalmente extiende de la energía solar debido a que influye en la ejecución del ciclo del agua (Erhlich, 2013).

**Energía de biomasa:** La biomasa es una fuente energía que se consigue de materia orgánica proveniente de residuos de los seres vivos. Esta es de carácter renovable, porque requiere recursos inagotables como el carbono, nitrógeno, nitrato, entre otros. Por otro lado, existen diversos tipos de biomasa: sólida, biogás, fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, biocarburo (Quintero & Quintero, 2015). Como ejemplo se tiene el caso de las plantas para la biomasa sólida, las cuales obtienen la biomasa mediante el proceso de la fotosíntesis, donde procesan la energía solar y absorben el carbono encontrado en el medio ambiente (Rodríguez & Zambrano, 2010).

**Energía solar:** Esta energía tiene como fuente la radiación electromagnética que produce el sol sobre la Tierra, la cual es un factor determinante para la vida, teniendo en cuenta que de esta derivan otros tipos de energías de forma directa o indirecta (de Juana, 2008).

**Energía geotérmica:** Este tipo de energía surge del calor que produce la tierra, además proporciona recursos que pueden localizarse en suelo poco profundo, agua y roca caliente, entre otros (Alrikabi, 2014).

## METODOLOGIA

Se definió esta investigación como cualitativa debido a que es de carácter interpretativa, donde se manipularon datos no medibles y se llevaron a cabo caracterizaciones sobre diferentes proyectos para comprender a través de comparaciones cómo se relacionan (Brennen, 2017). Además, se utilizó la técnica Revisión Documental mediante la consulta a bases de datos indexadas, publicaciones de carácter científico, libros acordes al tema y sitios web de empresas afines con el fin de obtener información sobre proyectos de energías renovables en Colombia.

Para la elaboración de la metodología se establecieron los siguientes pasos:

**Indagación de proyectos:** Se realizó una búsqueda de proyectos de energía renovable en Colombia, donde se consultaron empresas nacionales como Hybrytec, ISAGEN y EPM, las cuales realizan actividades que tienen como base energía sostenibles.

**Descripción de proyectos:** Se revisaron los proyectos obtenidos, para determinar aspectos como: el objetivo, tipo energía utilizada, lugar donde llevó a cabo, con el fin de encontrar variables determinantes para realizar caracterizaciones teniendo en cuenta las similitudes y diferencias de cada proyecto.

**Análisis de resultados:** Se realizaron caracterizaciones, donde se tuvo en cuenta el tipo de energía como variable encontrada, además se tuvieron en cuenta otro tipo de características particulares de cada tipo de energía renovable.

## RESULTADOS

### Indagación de proyectos

Se obtuvieron proyectos de energía renovable de las empresas que consultaron, donde se organizaron los proyectos considerando las empresas a las que pertenecen, como se muestra en la Tabla siguiente.

**Tabla 1.** Hallazgos

<b>EMPRESA</b>	<b>PROYECTO</b>
Hybrytec	Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales
	Proyecto Ishipa Wayuú
	Escuela Rural de la vereda El Cerrito
EPM	Proyecto Ituango
	Parque Eólico Jepírach
ISAGEN	Proyecto hidroeléctrico Piedra del so

Fuente: Autor.

Además, se observó que en Colombia existen proyectos de energía renovable en progreso, como el proyecto Distrito Térmico La Alpujarra, Proyecto Hidroeléctrico Palagua, los cuales son realizados por las empresas EPM e ISAGEN respectivamente.

### Descripción de proyectos

Se realizaron tablas donde se almacenaron datos teniendo en cuenta: nombre, lugar, energía renovable utilizada, objetivo y potencia instalada; con el fin de hacer descripciones cualitativas de cada proyecto como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 2. Descripciones**

<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>ENERGÍA RENOVABLE UTILIZADA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>POTENCIA INSTALADA</b>
Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales	San Martín y Puerto Gaitán, Meta	Solar	Suministrar energía eléctrica a viviendas, con el fin de mejorar la calidad de vida de habitantes de estos municipios	15,2kWp
Proyecto Ishipa Wayuú	Ichipa, Guajira	Solar	Operar congeladores de rancherías mediante sistemas de energía solar, con el fin de producir hielo o refrigerar alimentos	240Wp
Escuela Rural de la vereda El Cerrito	Piamonte, Cauca	Solar	Proveer electricidad a la escuela El Cerrito para mejorar la educación de jóvenes mediante el acceso a computadoras, además implementar neveras solares en el restaurante escolar.	3,25 kWp
Proyecto hidroeléctrico Piedra del sol	Pinchote, Santander	Hidroeléctrica	Generación de electricidad	156 MW
Proyecto Ituango	Río Cauca, tomando predios de	Hidroeléctrica	Suministro de electricidad.	300 MW



	los municipios Ituango y Briseño			
Parque Eólico Jepírachi	Corregimiento del Cabo de La Vela en el municipio de Uribia, La Guajira	Eólica	Suministro de electricidad	19,5 MW

Fuente: Autor

Además, lo anterior se tuvo en cuenta para realizar un análisis.

### Análisis de los resultados

Para el análisis se realizaron de caracterizaciones, por ello se elaboraron tablas donde se listaron los proyectos teniendo en cuenta el tipo de energía renovable utilizado. Con base en lo anterior, para los proyectos donde se utilizó Energía solar se construyó la Tabla siguiente.

**Tabla 3.** Proyectos de Energía solar

NOMBRE	LUGAR	OBJETIVO	POTENCIA INSTALADA
Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales	San Martín y Puerto Gaitán, Meta	Suministrar energía eléctrica a viviendas, con el fin de mejorar la calidad de vida de habitantes de estos municipios	15,2kWp
Proyecto Ishipa Wayuú	Ichipa, Guajira	Operar congeladores de rancherías mediante sistemas de energía solar, con el fin de producir hielo o refrigerar alimentos	240Wp
Escuela Rural de la vereda El Cerrito	Piamonte, Cauca	Proveer electricidad a la escuela El Cerrito para mejorar la educación de jóvenes mediante el uso de computadoras, además implementar neveras solares en el restaurante escolar.	3,25 kWp

Fuente: Autor

De acuerdo a los datos representados en la Tabla 3 se tiene que los lugares geográficos donde se realizaron los proyectos se caracterizan por ser rurales y con poco apoyo del gobierno. Además, los objetivos de los proyectos Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales y Proyecto Ishipa Wayuú tienen en común el contexto manejado, el cual es social, debido a que busca generar beneficios a nivel comunitario. Por otro lado, el proyecto Escuela Rural de la vereda El Cerrito se diferencia de los anteriores porque contempla un contexto

académico debido a que busca mejorar el nivel educativo de la escuela rural EL Cerrito, teniendo en cuenta el impacto social positivo que genera y la mejoría que causará en la calidad de vida de los beneficiados.

De la misma forma para los proyectos que involucran Energía hidroeléctrica se elaboró la Tabla siguiente, en la cual se tabularon los datos para organizarlos teniendo en cuenta los siguientes parámetros: nombre, lugar, objetivo y potencia instalada.

**Tabla 4.** Proyectos de Energía hidroeléctrica

<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>POTENCIA INSTALADA</b>
Proyecto hidroeléctrico Piedra del sol	Pinchote, Santander	Suministrar de electricidad	156 MW
Proyecto Ituango	Río Cauca, tomando predios de los municipios Ituango y Briseño	Suministro de electricidad.	300 MW

Fuente: Autor

Con base en lo anterior, las finalidades de los proyectos en cuestión convergen debido a que desean suministrar electricidad a los municipios encontrados, donde se observó que la potencia instalada varía dependiendo del lugar geográfico respectivo.

Por último, se obtuvo el proyecto Parque Eólico Jepírachi, donde se utilizó la Energía eólica para la construcción de un parque eólico con el fin de suministrar energía eléctrica al Corregimiento del Cabo de La Vela en el municipio de Uribia, La Guajira, para lo cual se instaló una potencia de 19,5 MW.

## **CONCLUSIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluyó lo siguiente: 1) La caracterización como medio para realizar descripciones en esta investigación ayudó a converger objetivos similares y determinar que el contexto en común en el cual se encuentran los proyectos es de carácter social, considerando variables establecidas como el tipo de energía utilizada, la potencia instalada, el lugar donde se realizó el proyecto; 2) Con las caracterizaciones se observó que los proyectos consultados tienen una finalidad enfocada a satisfacer necesidades sociales, porque permiten que diversas comunidades se beneficien con el suministro de electricidad para mejorar la calidad de vida, uso de computadoras en la escuela El Cerrito a fin de mejorar el nivel educativo y operar congeladores en ranchería con el propósito de refrigerar alimentos y producir hielo; y 3) La potencia instalada para cada proyecto varía de manera proporcional al tamaño del proyecto, para cumplir con el objetivo propuesto, teniendo en cuenta el lugar, por lo cual se tiene que para los proyectos Proyecto Fundesmag-Viviendas rurales, Escuela Rural de la vereda El Cerrito y Proyecto Ishipa Wayuú, de Energía solar se instalaron potencias de 15,2kWp, 3,25 kWp y 240Wp respectivamente, para los proyectos de Energía hidroeléctrica Proyecto hidroeléctrico Piedra del sol y Proyecto Ituango se proporcionaron potencias de 156 MW y 300 MW y

por último para el proyecto de Energía eólica Parque Eólico Jepírachi una potencia de 19,5 MW.

## REFERENCIAS

- Alrikabi, N. (2014). Renewable Energy Types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61-64.
- Bhandari, B., Ahn, S.-H., & Ahn, T.-b. (2016). Optimization of Hybrid Renewable Energy Power System for Remote Installations: Case Studies for Mountain and Island. *International journal of precision engineering and manufacturing*, 17(6), 815-822.
- Brennen, B. (2017). *Qualitative Research Methods for Media Studies*. Nueva York, Estados Unidos: Routledge.
- Castells, X. (2012). *Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- De Juana, J. (2008). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid: Paraninfo.
- Ehrlich, R. (2013). *Renewable Energy: A First Course*. Boca Raton: Taylor y Francis Group.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Elservier*, 39, 748-764.
- EPM. (22 de 10 de 2017). *Proyecto Hidroeléctrico Ituango*. Obtenido de <https://www.epm.com.co:https://www.epm.com.co/site/portals/landing/ituango/Hidro-electrica Ituango/files/assets/basic-html/index.html#3>
- Hybrytec. (22 de 10 de 2017). *Escuela Rural de la vereda El Cerrito*. Obtenido de [http://www.hybrytec.com:http://www.hybrytec.com/Files/Casos/caso\\_exito\\_CerritoCauca.pdf](http://www.hybrytec.com:http://www.hybrytec.com/Files/Casos/caso_exito_CerritoCauca.pdf)
- Hybrytec. (22 de 10 de 2017). *Proyecto Ishipa Wayúu*. Obtenido de <http://www.hybrytec.com: http://www.hybrytec.com/casos-de-exito>
- Juárez-Hernández, S., & León, G. (2014). Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: *Revista Problemas del Desarrollo*, 178(45), 139-162.
- Kara, F. (2015). sources, Use of the drawing-writing technique to determine the level of knowledge of pre-service teachers regarding renewable energy. *Journal of Education and Practice*, 6(19), 215-225.
- Martínez, L., & Parada, A. (2014). Desarrollo de un aerogenerador superconductor para bajas velocidades. *Jóvenes en la ciencia*, 1(1), 277-288.
- Ortiz, F., & Cáceres, P. (2015). Generación de Energía Eólica por la Empresa BBlue Power & Energy S.A. *Revista Senderos Universitarios* (3), 36-44.

Quintero, J., & Quintero, L. (2015). Biomasa: métodos de producción, potencial energético y medio ambiente. *Revista I3+*, 2(2), 28-44.

Rice, W. (2017). *La historia de los combustibles fósiles*. Huntington Beach: Teacher Created Materials.

Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2010). Subproductos del café: fuentes de energía renovable. *Cenicafé*, 1-8.

Rodriguez-Borges, C., & Sarmiento-Sera, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 13-21.

Roldán, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Madrid: Paraninfo.

Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable Energy Resources*. Routledge.

Ushimaru, K. (2012). Sustainable Green Energy Production from Agricultural and Poultry Operations. *IEEE*, 310-314.

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Zamir Andrés Martelo Ballesteros, Estudiante de la Universidad de Cartagena, investigador del grupo GIMÁTICA: INGESINFO.

Raúl José Martelo Gómez, Ingeniero de Sistemas, Magister en Informática, docente del Grupo de Investigación Gimatica- INGESINFO, docente Universitario de 15 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.

David Franco Bórre, Ingeniero de Sistemas, Magister en Ciencias de la Computación, docente investigador Grupo Gimatica. Docente universitario de 17 años de experiencia. Docente de tiempo completo de Universidad de Cartagena.



3er CONGRESO  
INTERNACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES  
1 AL 3 NOV.  
CENTRO DE CONVENCIONES ANAS MAI

SENNOVA

Sistema de Investigación  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

ISSN (2590-5481)

# EVALUACIÓN DE POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL DE PALMA AFRICANA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

EVALUATION OF ENERGY POTENTIAL OF RESIDUAL PALMA  
AFRICAN BIOMASS IN THE DEPARTMENT OF CESAR



SERVICIO NACIONAL  
DE APRENDIZAJE



# EVALUACIÓN DE POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA RESIDUAL DE PALMA AFRICANA EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR

## EVALUATION OF ENERGY POTENTIAL OF RESIDUAL PALMA AFRICAN BIOMASS IN THE DEPARTMENT OF CESAR

Quintero López Luis Alberto

Ingeniero Agroindustrial. Maestrante en Desarrollo sostenible y Medio Ambiente. Correo: [lquintero34@areandina.edu.co](mailto:lquintero34@areandina.edu.co).

### RESUMEN

Actualmente, el aumento desmedido de la población ha llevado consigo a un crecimiento industrial importante, en busca de satisfacer las necesidades energéticas, las cuales son fundamentales para el progreso y desarrollo socioeconómico de los países. Sin embargo, esto ha ocasionado un alto impacto ambiental y una búsqueda exhaustiva de alternativas a los combustibles fósiles convencionales. La mayoría de la energía térmica utilizada proviene de fuentes fósiles o de combustibles convencionales como la leña. En Colombia, hay 1,6 millones de familias que usan leña diariamente para cocción, de los cuales 1,4 millones son familias rurales y las restantes 200 mil son familias urbanas. Este consumo desmedido ha propiciado en gran parte un problema de deforestación, que para el departamento del Cesar se encuentra 448 hectáreas. Esto ha llevado consigo a un alto impacto ambiental y una búsqueda exhaustiva de fuentes no convencionales de energía. El departamento del Cesar ocupa el tercer puesto en cultivo de palma africana y su producción a 2015 en aceite crudo de palma asciende a las 281.000 ton con un área de producción de 68.000 ha, de los cuales se producen gran cantidad de desechos, que no son aprovechados de manera adecuada o son subutilizados. Lo que hace un escenario ideal de aprovechamiento de biomasa residual (raquis, fibra y cuesco). Esta investigación se fundamentó en la evaluación de los residuos sólidos del proceso de extracción de aceite de palma africana, en donde se analizó la disposición y se caracterizaron los residuos buscando alternativas potenciales al uso de la leña como combustible. Estos residuos sólidos presentaron un considerable poder calorífico que se encuentra en rangos de 16 – 19 MJ/Kg. Si se considera que para solo una tonelada de residuo sólido de palma africana se pueden generar al año 0,029 TJ, estaríamos ante un escenario ideal bajo el supuesto actual de la disponibilidad de estos recursos biomásicos en torno a un sustituto de la leña y al desarrollo de fuentes de energía térmica no convencionales y amigables con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Palma Africana, Residuo Sólido Agroindustrial, Poder Calorífico, Potencial Energético.

## ABSTRACT

At present, the excessive population growth has led to significant industrial growth, in order to meet the energy needs, which are fundamental to the countries' progress and socio-economic development. However, this has led to a high environmental impact and a thorough search for alternatives to conventional fossil fuels. Most of the thermal energy used comes from fossil sources or from conventional fuels like firewood. In Colombia, there are 1.6 million families that use firewood daily for cooking, of which 1.4 million are rural families and the remaining 200 thousand are urban families. This excessive consumption has led in large part to a problem of deforestation, which for the department of Cesar is 448 hectares. This has led to a high environmental impact and an exhaustive search of unconventional sources of energy. The department of Cesar ranks third in African palm cultivation and its production in crude oil of palm oil in 2015 is 281,000 tons with a production area of 68,000 hectares, of which a large amount of waste is produced, which are not used properly or are underutilized. This makes an ideal scenario for the use of residual biomass (rachis, fiber and cuesto). This research was based on the evaluation of the solid residues of the African palm oil extraction process, where the disposal was analyzed and the residues were characterized by potential alternatives to the use of fuelwood. These solid wastes had a considerable calorific value in the range of 16 - 19 MJ / kg. If it is considered that for only one ton of solid African palm residue a year can be generated 0.029 TJ, we would be facing an ideal scenario under the current assumption of the availability of these biomass resources around a substitute of firewood and the development of unconventional and environmentally friendly thermal energy sources.

**Key Words:** African palm, Solid Waste Agroindustrial, Calorific power, Energy Potential.

## INTRODUCCIÓN

La residuos sólidos agroindustriales o biomasa residual son hoy una fuente tradicional de energía renovable de gran participación en la canasta energética mundial, siendo protagonista especialmente en países subdesarrollados y en vía de desarrollo, a través del uso de la leña como energético comúnmente utilizado por poblaciones rurales y de escasos recursos, para labores como la cocción de alimentos y la iluminación (Mejía, 2011).

Según Vargas et al. (2011), la biomasa residual disponible de algunos procesos agroindustriales como el de palma africana, se presenta como alternativa de sustitución total o parcial de los combustibles sólidos convencionales como el carbón y la leña. Hoy día, casi tres mil millones de personas en el mundo emplean todavía la leña como fuente de energía para calentar agua y cocinar, lo que provoca, entre otros efectos, la pérdida de millones de hectáreas de bosques tropicales y zonas arboladas. Según la FAO (2016), en 1990, el mundo tenía 4.128 millones de hectáreas (ha) de bosque; en 2015 esa área había disminuido a 3.999 millones de ha, lo que evidencia un fenómeno de deforestación. Entre el 15% y el 20% de la población colombiana depende de la leña como su principal combustible de cocción de alimentos (INCOMBUSTION, 2016).

Colombia es un país que goza de una matriz energética relativamente rica tanto en combustibles fósiles como en recursos renovables, pero dado que su consumo está basado en un 78% de recursos primarios de origen fósil, debe tenerse en cuenta que dicha

demanda está prevista para ser cubierta por la oferta doméstica tan solo por el orden de 7 años más para el caso del petróleo y 15 años más para el caso del gas natural. El potencial de la biomasa nuestro país es del orden de 450.000 TJ por año en residuos de biomasa, que representan potenciales atractivos comparados con los de países ubicados en otras latitudes del planeta (UPME, 2016).

Según Fedepalma en 2016, la producción de palma africana alcanzó 1.272.523 toneladas, mostrando un aumento del 14,7 %, con un área sembrada de 466.185 hectáreas, entre las cuales un total de 88.523 hectáreas se encontraban en fase de desarrollo y 377.662 estaban en fase de producción. Si se tienen en cuenta que a partir de esta producción se generan aproximadamente un 64% de biomasa sólida por los procesos de beneficio (Osorio, 2013), estamos ante un panorama atractivo en la producción de biomasa residual que podemos aprovechar en la producción de energía térmica.

Dada las grandes extensiones de tierra utilizadas para el cultivo de palma africana en la zona norte del departamento del Cesar, se hace indispensable introducir los residuos agroindustriales como una opción para la fomentar la descentralización de la leña como combustible y responder a las necesidades energéticas de zona rural de esta zona del país. Es por ello, que se planteó como objetivo evaluar el potencial energético de los residuos agroindustriales del proceso de extracción de aceite de palma africana como alternativa energética para el reemplazo de la leña.

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

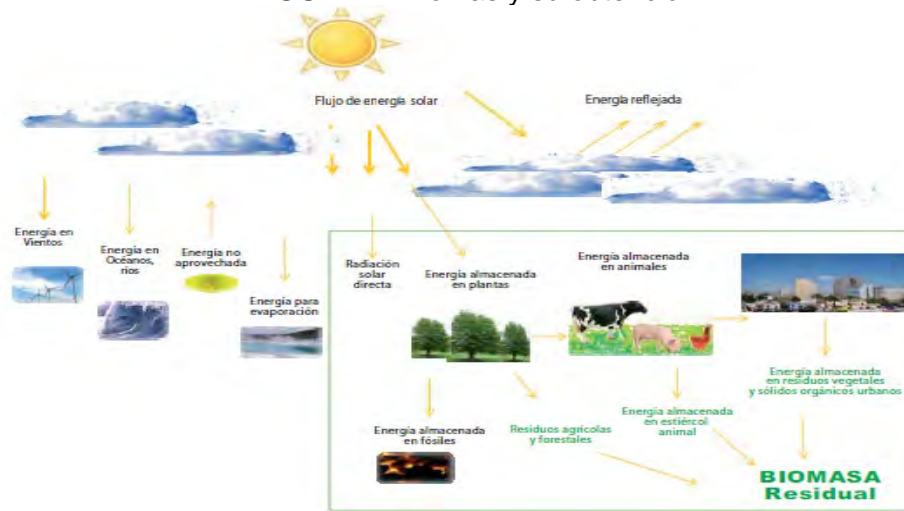
La búsqueda e implementación de nuevas fuentes de energía ha tomado gran importancia debido a problemas relacionados con el cambio climático y el agotamiento de combustibles fósiles, y además el uso de residuos agroindustriales ha tenido gran acogida por ser una posible fuente renovable de energía. Además, es evidente que existe la necesidad de evaluar otras tecnologías que proporcionen mayor diversificación y confiabilidad al sistema, para proporcionar un mejor planeamiento energético sostenible, con el óptimo aprovechamiento de recursos del territorio (Núñez, et al. 2012).

A través del Atlas de Biomasa publicado por la UPME y la Universidad de Industrial de Santander en el 2010, manifiesta que el departamento del Cesar cuenta con una gran potencial de residuos agroindustriales, de los cuales los que generan mayor potencial energético son: la palma de aceite, caña panelera, café, maíz, arroz y plátano, y que acuerdo con la UPME, el potencial total de estos desechos fue en el 2010 fue de aproximadamente 66000 TJ/año. a pesar de esto, el uso de los recursos energéticos ha sido deficiente por el grado de desarrollo tecnológico y el estado de la infraestructura.

Los residuos sólidos o Biomasa es una solución que contribuye a cubrir necesidades energéticas de una forma sostenible. La Biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido en carbón y un elevado contenido en oxígeno y en compuestos volátiles. Los compuestos volátiles, con presencia de dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrógeno, son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. Su poder calorífico depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su contenido de humedad como se observa en la figura siguiente.



**FIGURA 1.** Biomasa y su obtención



Fuente: UPME, 2010. Atlas de potencial energético de biomasa

Estas características, junto con el bajo contenido en azufre, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente; cabe anotar que su aprovechamiento energético no contribuye a aumentar el efecto invernadero ya que el balance de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera es neutro (Patiño, 2014).

La biomasa es un material formado principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno; estos compuestos son los que reaccionan exotérmicamente cuando el residuo cede energía. Conocer la composición de un residuo es importante al momento seleccionar una tecnología para su aprovechamiento energético; por consiguiente, la caracterización de la biomasa involucra conocer los siguientes parámetros:

- Composición física: Involucra determinar en la sustancia su densidad aparente y Humedad y el calor.
- El análisis último o elemental: Reporta el porcentaje en peso de oxígeno (O<sub>2</sub>), carbono (C), hidrogeno (H), azufre (S) y Nitrógeno (N).
- El análisis próximo: Contempla evaluar el contenido de carbono fijo, el material volátil y las cenizas.
- El análisis estructural: Hace referencia a cuantificar el contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa.

Una de las características más importantes de los combustibles es su contenido energético, el cual puede obtenerse de su transformación y uso. Esta propiedad es fundamental para determinar el tipo de biomasa que puede utilizarse como combustible.

La combustión es una reacción de oxidación de los componentes de la biomasa a alta temperatura y en presencia de una cantidad de oxígeno suficiente para producir la oxidación de los componentes de la biomasa, de la que se obtienen energía en forma de calor y dióxido de carbono, agua y cenizas como productos de la reacción. La oxidación de la materia que contenga carbono e hidrógeno, para generar metano y agua, y se lleva a cabo

mediante una reacción de oxidación exotérmica. El poder Calórico Inferior (PCI) es la variable que permite cuantificar la energía liberada en los procesos de combustión de la materia.

En los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Esta suple, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial (AEI, 2012).

Los modelos matemáticos para evaluar el potencial energético de la biomasa se fundamentan en que la energía contenida en su materia es proporcional a su masa seca y por consiguiente puede expresarse en forma general como:

$$PE = (M_{rs}) * (E) \quad (1)$$

Dónde:

$PE$  = Potencial Energético (TJ/Año)

$M_{rs}$  = Masa del residuo seco (ton/Año)

$E$  = Energía del residuo por unidad de masa (TJ/ton)

La energía del residuo es equivalente al llamado Poder Calórico inferior (PCI), cuyas unidades son TJ / ton de residuo seco (Sheng y Azevedo, 2002). Teniendo en cuenta la ecuación 1-1 y las particularidades de la producción de cada residuo seco del sector agrícola, podemos realizar el aprovechamiento energético de la biomasa agrícola en procesos termoquímicos (Bhattacharya et al., 2005).

Por medio de esto y la siguiente ecuación se puede establecer la masa de residuo seco.

$$M_{rs} = A * R_c * M_{rg} * Y_{rs}$$

Dónde:

$M_{rs}$  = Masa de residuo seco (ton/Año)

$A$  = Área cultivada (ha/Año)

$R_c$  = Rendimiento de Cultivo (ton Producto Principal/ha Sembrada)

$M_{rg}$  = Masa de residuo generada del cultivo (ton de residuo/ ton de producto principal)

$Y_{rs}$  = Fracción de residuo seco (t residuo seco/t de residuo húmedo)

Este modelo de cálculo y los valores estimados permite dar la información necesaria para la toma de decisiones sobre la planeación de fuentes de energías térmicas que permitan puntos de partidas para proponer aprovechamientos energéticos.

Todo lo anterior, se fundamenta principalmente en la **Ley 1715 de 2014** que tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque Cuantitativo donde se realizó una recolección de información primaria y secundaria con proyección fundamentada en la toma, medición, comparación y análisis de datos, que para el caso de la investigación se dio a partir de la obtención de muestras de residuos sólidos de palma africana. Se desarrolla un tipo de investigación experimental debido a que se manipularon las variables de forma controlada.

Como primera fase de estudio se realizó una identificación de las plantas de beneficio ubicadas en la zona norte del departamento del Cesar, donde son procesados los racimos de fruto fresco (RFF), y donde se generan los residuos sólidos de estudio como lo son el Raquis, la Fibra y el Cuesco. Con los datos de las plantas se identificó como primera medida los volúmenes aproximados de producción de residuos en la zona de estudio, con el fin de establecer la disposición para otros usos de este tipo de biomasa. De igual forma, se obtuvo claridad sobre las áreas cosechadas, porcentaje de rendimientos de residuos que sirvieron para evidenciar la producción de cada uno de los residuos sólidos.

Luego se desarrolla una toma de muestras de cada uno de los residuos sólidos de estudio, bajo la metodología establecida en la norma CEN/TS 14778-1:2007 según lo analizado por Vilches, (s.f) y los protocolos de muestreo del laboratorio de carbones, pudiendo desarrollar los siguientes pasos:

- Tomar las muestras de diferentes alturas de pila formada.
- Efectuar el muestreo alrededor de toda la pila.
- Tomar mínimo 17 muestras por pila de Biomasa.
- Tomar una vez se haya formado la pila para evitar oxidación y segregación de la biomasa.

Tomadas las muestras de los residuos sólidos se dispuso a desarrollar la respectiva caracterización fisicoquímica y energética de los mismos, que para el estudio se tiene en cuenta que es estas muestras fueron enviadas y analizadas en tres laboratorios reconocidos del país, entre los cuales tenemos a los laboratorios Dr. Calderón donde se realizó el análisis elemental y energético, el laboratorio de Carbones de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín donde se obtuvieron los resultados del análisis

próximo y el Laboratorio Laserex de la Universidad el Tolima donde se realizó el análisis bromatológico y estructural. Los respectivos análisis están compuestos de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Parámetros de caracterización fisicoquímica, estructural y energética

<b>Análisis Básico</b>	<b>Análisis Próximo</b>	<b>Análisis Elemental</b>	<b>Análisis Estructural</b>	<b>Análisis Energético</b>
Humedad (%)	Material Volátil (%)	Carbono orgánico total (%)	Grasa (%)	Poder Calorífico Inferior (Kj/Kg)
	Carbono Fijo (%)	Hidrogeno (%)	Proteína (%)	Poder Calorífico Superior (KJ/Kg)
	Cenizas (%)	Oxigeno (%)	Fibra (%)	
		Nitrógeno (%)	Celulosa (%)	
		Azufre (%)	Hemicelulosa (%)	
			Lignina (%)	

Fuente: El autor. Adaptado de Miranda y Amaris, 2009

Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos en estudio, se procedió a analizar cada uno de los resultados con el fin de poder obtener información concreta en cuanto a las potencialidades que tienen estos residuos sólidos en comparación con el combustible tradicional utilizado en zonas rurales como lo es la Leña.

## RESULTADOS

Las plantas de Beneficios en la zona norte del departamento del Cesar, proporcionan gran cantidad de residuos sólidos agroindustriales, las plantas de beneficio que se encuentran discriminadas en la en la tabla siguiente.

**Tabla 2.** Plantas de Beneficio Palma Africana en Zona Norte del Departamento del Cesar

<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>	<b>Planta de Beneficio</b>
<b>CESAR</b>	Agustin Codazzi	Extractora Sicarare S.A.S.
		Palmas Oleginosas de Casacara Ltda.
	Bosconia	Extractora Palmariguani S.A.
	El Copey	Palmeras de la Costa S.A.
	El Paso	Palmagro S.A.
	La Paz	Oleoflores S.A.

Fuente: El autor.

A partir de la información consultada se realizó una estimación de la cantidad de residuos sólidos agroindustriales generados, para lo cual se usaron los factores de producción de

residuos sólidos agroindustriales reportados por la UPME por medio del desarrollo del Atlas de Biomasa (UPME, et al, 2010).

**Tabla 3.** Producción de residuos sólidos agroindustriales de Palma África

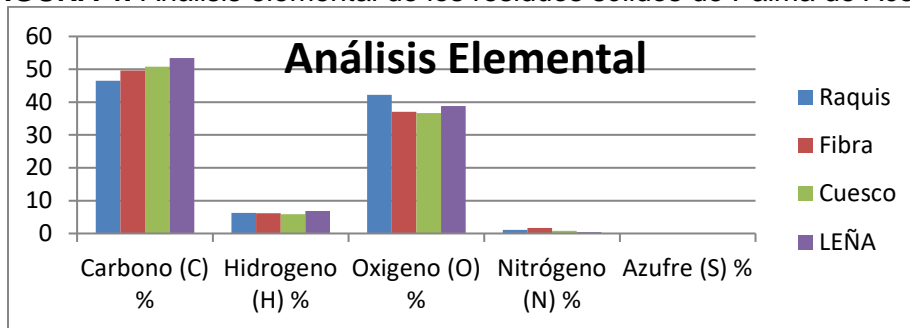
Cultivo	Producción (t/año)	Tipo de Residuo	Factor de Residuo (t residuo/t Producto Principal)	Masa del Residuo (t/año)
Palma Africana	1	Cuesco	0,22	0,22
		Fibra	0,63	0,63
		Raquis	1,06	1,06
<b>Total</b>				<b>1,91</b>
Palma Africana	504.239	Cuesco	0,22	110.932,58
		Fibra	0,63	317.670,57
		Raquis	1,06	534.493,34
<b>Total</b>				<b>963.096,49</b>

Fuente: El Autor.

### Análisis Elemental

A través del análisis elemental se pudo determinar la composición de Carbono, Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno y Azufre, los cuales son de mucha importancia para conocer la cantidad de aire u oxígeno que es necesario para introducir en la combustión del combustible.

**FIGURA 4:** Análisis elemental de los residuos sólidos de Palma de Aceite



Fuente: El autor.

A la hora de enfocar el análisis a la sustitución de un combustible como la Leña, podemos apreciar que las diferencias son mínimas, y en el caso de la producción de azufre los datos reportados por la investigación son menores a los de la leña

## Análisis próximo

**Tabla 5.** Análisis próximo de residuos sólidos de palma comparados con los de la Leña

Parámetro	El Autor			Vassilev, 2010
	Raquis	Fibra	Cuesco	Leña
Humedad (%)	7,21	7,84	6,26	7,8
Cenizas (%)	7,58	9,36	2,47	0,2
Material Volátil (%)	69,14	66,51	70,80	77,5
Carbono Fijo (%)	16,07	16,29	20,47	14,5

Fuente: El autor.

El contenido de carbono fijo es superior en los residuos sólidos de palma a los datos que nos suministra la leña como combustible, lo que indica condiciones favorables para la combustión.

## Poder Calorífico

**Tabla 6.** Poder calorífico de la Leña comparado con residuos de Palma

Parámetro	Autor, 2017			Incombustion, 2016
	Raquis	Fibra	Cuesco	Leña
Poder Calorífico Inferior (MJ/kg)	15,87	17,42	18,5	16,99
Poder Calorífico Superior (MJ/kg)	17,14	18,68	19,71	18,26

Fuente: El autor.

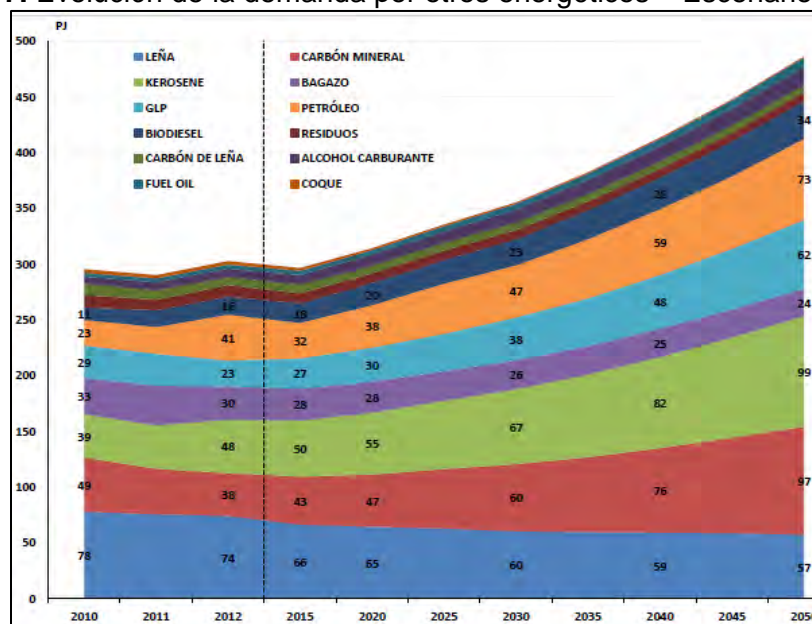
De igual forma, según los datos reportados, es claro que el poder calorífico de la leña es superior que los registrados por el raquis pero es inferior en el caso de la fibra y el cuesco tanto para el poder calorífico superior como inferior como muestra la tabla número

## Potencial Energético

Si tomamos en cuenta el potencial que puede generar una tonelada de residuos de palma africana y los comparamos con los resultados generados para una tonelada de producción de residuos sólidos y además con la producción de la zona de estudio para el año 2016, podemos determinar que el potencial es de 9.302 TJ/año según la producción a corte de 2016.

Según la UPME en 2016, se establece que a futuro se dé la disminución del uso de la leña como combustible y se evidencia el aumento en la utilización de Residuos sólidos (entre ellos los de Palma Africana) como una alternativa amigable al medio ambiente y en pro de la disminución de los gases de efecto invernadero como se muestra en la figura siguiente.

**FIGURA 7.** Evolución de la demanda por otros energéticos – Escenario Base (PJ)



Fuente: UPME, 2016.

## CONCLUSIÓN

Los principales renglones económicos de la zona norte del Cesar son el agropecuario del que deriva un 30% de sus ingresos, siendo Cesar es el primer productor nacional semilla de palma africana. Los datos de cantidades de residuos sólidos agroindustriales no son nada despreciables si tomamos en cuenta que para 1 ton de RFF procesado se producen 1,91 t en las plantas de beneficio, específicamente puntualizando en lo que refiere a Raquis, Fibra y Cuesco, lo que es un potencial generoso si tenemos en cuenta que solo para la producción de la zona norte en el año 2016 tendríamos a disposición 963.096,49 t de residuos sólidos agroindustriales que pueden ser aprovechados desde las perspectivas energéticas.

El análisis elemental permitió conocer la cantidad de aire u oxígeno que es necesario introducir para la combustión del combustible. Este análisis indica que no difieren con los rangos de datos de otras partes, sin embargo, se aprecia que el contenido de azufre es casi nulo por ende es una ventaja respecto a otras biomásas utilizadas para la producción de energía porque genera menos gases contaminantes al medio. En el análisis próximo los datos son similares a otros estudios, sin embargo, es evidente que los materiales volátiles se encuentran en altos porcentajes lo que es una característica ventajosa para las biomásas residuales sobre las fósiles convencionales, debido a que proporcionan una indicación de su reactividad y facilidad de ignición que tienen los residuos sólidos de palma al igual que la leña. Según estudios realizados en diferentes partes del mundo, la leña reporta datos de la siguiente manera: Celulosa: 38-50%; Hemicelulosa: 23-32% y Lignina: 15-25% (Chaves et al., 2012), en este sentido podríamos afirmar que a medida que los materiales biomásicos presenten más cantidad de lignina y menos de celulosa, mayor va ser el poder de generación de energía, debido a una mayor cantidad de enlaces Carbono – Carbono en sus estructuras moleculares. Esto es precisamente lo que se reporta con los datos de los

residuos de palma, en donde la Celulosa esta entre 10-42%, Hemicelulosa 8-15% y lignina 22-49%.

Identificando la finalidad de la investigación en el proceso de transición energética hacia fuentes no convencionales de energía que en este caso están direccionadas al aprovechamiento de los residuos sólidos de palma africana, es evidente que por el poder calorífico que proporcionan estos residuos pueden convertirse en una alternativa ideal para el reemplazo de la leña en diferentes actividades convencionales, ya que presente condiciones similares a la del combustible actualmente utilizado que es la leña. Según Aristizábal (2010), el consumo de combustibles leñosos ha fluctuado entre 1800 y 1900 millones de metros cúbicos en la última década a nivel mundial, no se tiene certeza de que porcentaje de las emisiones de dióxido de carbono corresponde a la utilización de leña para propósitos domésticos, solo se estima que más o menos el 17% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial son por actividades relacionadas con la deforestación a partir en la mayoría de los casos por prácticas domesticas tradicionales en el consumo de la leña como combustible. Lo que proporciona una ventaja comparativa hacia una transición energética al uso de residuos sólidos como combustibles en zonas rurales donde se podrían aprovechar gran parte del potencial energético de 9.302 TJ/año que producen las plantas de beneficio teniendo en cuenta que parte de ellos solventan actualmente las capacidades energéticas propias de las plantas.

## REFERENCIAS

- AEI. (2012). Perspectiva mundial de la Energía 2012. Consultado en: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf>
- Aristizábal, J. (2010). Estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la cordillera oriental. *Revista Colombia Forestal* Vol. 13 (2): 245-265.
- Chaves, M., y Domine, M. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería - ISSN: 0718-8706 Av. cien. ing.: 4(4), 15-46.*
- FAO-Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la agricultura. (2016). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015 ¿Cómo están cambiando los bosques del mundo? ISBN 978-92-5-309283-3. Roma.*
- Fedepalma. (2016). Minianuario Estadístico. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia.
- INCOMBUSTION-Unión temporal. (2016). Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos-FECOC. Medellín – Colombia.
- LEY 1715 DE 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético.



- Mejía Barragán, F. (2011). Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia.
- Miranda, I. y Amaris, O. (2009). Aprovechamiento del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma en Colombia. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad Industrial de Santander UIS. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química, Bucaramanga.
- Núñez, C. F., Ulloa, A. C., Gil, J. L. R., Montalvo, A. S., & Vargas, F. E. S. (2012). Estudio preliminar del potencial energético de hueso de palma y cáscara de coco en Colombia1. *Ingeniería solidaria*, 8(14), 19-25.
- Patiño, P. (2014). Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Universidad de Santander. *Revista Innovaciencia* 2014; 2 (1): 45 – 52.
- Ramírez, N., Arévalo, A. y Garcia-Nunez, J. A. (2015). Inventario de la biomasa disponible en plantas de beneficio para su aprovechamiento y caracterización fisicoquímica de la tusa en Colombia. *Palmas*, 36(4), 41-54.
- UPME (2010). Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. [Bogotá]: Unidad de Planeación Minero Energética: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias: Universidad Industrial de Santander.
- UPME, (2016). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050.
- Vassilev, S., Baxter, D., Andersen, L., Vassileva, C. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Revista Fuel*. Volumen 89, pp 913–933.
- Vargas, D., Yáñez, E., García, J. Meneses, A. Cuellar, M. (2011). Cogeneración con biomasa de palma de aceite en el sistema eléctrico colombiano: barreras, perspectivas y oportunidades. *Revista PALMAS* Vol. 32 No. 3, pp. 49-62.
- Vilches, L. (s.f.). Muestreo de Biocombustibles Sólidos. Aplicación de normas CEN/TS 14778-1:2007 EX Solid biofuels. Sampling. Methods for sampling. España. Consultado en: [http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05\\_Workshops\\_Training\\_Events/Taining\\_materials/spanish/03\\_Sampling.pdf](http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Events/Taining_materials/spanish/03_Sampling.pdf)

## **RESUMEN DE LA HOJA DE VIDA DE LOS AUTORES**

Luis Alberto Quintero López: Soy un profesional en Ingeniería Agroindustrial, especialista en Gerencia de proyectos de Ingeniería, maestrante en desarrollo sostenible y Medio Ambiente, que puede enfrentar cualquier tipo de problema relacionado con áreas financiera, administrativa, producción y operaciones, con la facilidad de Aplicar y desarrollar capacidades para el análisis y supervisión del diseño, planificación y ejecución de proyectos que propendan no sólo a satisfacer necesidades específicas de su entorno, sino a la concepción inteligente de alternativas estratégicas para el desarrollo ambiental, económico, y social de la región y del país. Me he formado con capacidades investigativas y pedagógicas donde me he destacado por presentar un trabajo responsable, serio y eficiente en todos los campos de desempeño docente, adaptado a la armonía del trabajo colaborativo.