


TELLY YARITA MACÍAS ZAMBRANO  
RICARDO FABRICIO MUÑOZ FARFÁN  
(ORGANIZADORES)



# EXPERIENCIAS

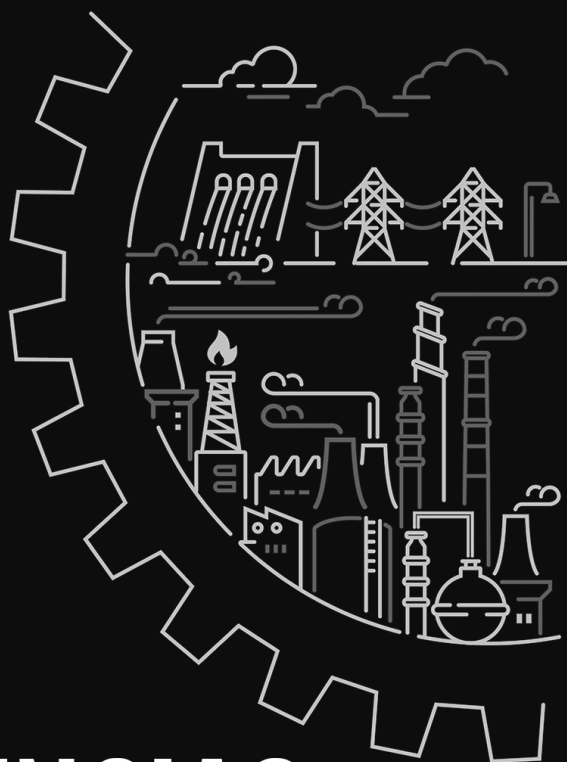

## DE INGENIERÍA

PARTE I



**Atena**  
Editora  
Ano 2023

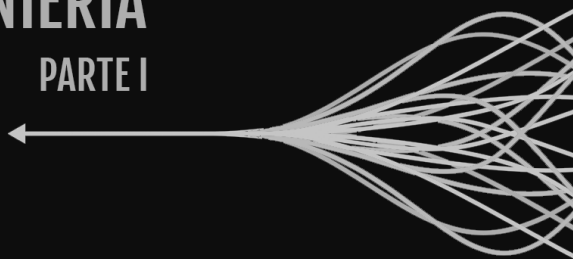
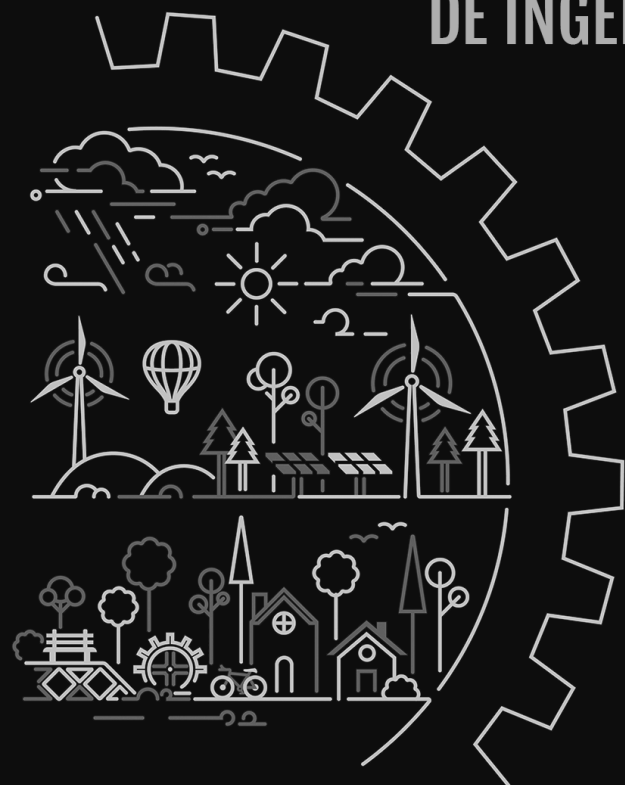
TELLY YARITA MACÍAS ZAMBRANO  
RICARDO FABRICIO MUÑOZ FARFÁN  
(ORGANIZADORES)



# EXPERIENCIAS

## DE INGENIERÍA

PARTE I



**Atena**  
Editora  
Ano 2023

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Telly Yarita Macías Zambrano  
 Ricardo Fabricio Muñoz Farfán

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
E96	<p>Experiencias de ingeniería, Parte I / Organizadores Telly Yarita Macías Zambrano, Ricardo Fabricio Muñoz Farfán. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF                      Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader                      Modo de acesso: World Wide Web                      Inclui bibliografia                      ISBN 978-65-258-1378-3                      DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.783230205">https://doi.org/10.22533/at.ed.783230205</a></p> <p>1. Ingeniería. I. Zambrano, Telly Yarita Macías (Organizador). II. Farfán, Ricardo Fabricio Muñoz (Organizador). III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620</p>
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
 Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Varias experiencias de ingeniería se han recopilado en este trabajo, a lo largo de más de dos décadas en el ejercicio de la ingeniería y de la cátedra en varias instituciones de educación superior, en donde, mediante el trabajo coordinado con el estudiantado, profesorado y comunidad sociedad, se ha podido contribuir con un granito de arena a llevar conocimiento y soluciones prácticas amigables con los seres humanos, la madre tierra y la vida que alberga.

El presente, pretende aportar, pero por sobre todo, promover en cada lector el sentido común, la obnosis, la comprensión de que somos parte de un todo, en que somos el genio que ingenia, que crea y construye, desde el pensamiento hacia una realidad tangible y provechosa para el bienestar comunitario.

Estáis invitados a recorrer cada vivencia empírica, basada en la ingeniería del ser, del saber y del saber hacer, más allá de las limitaciones de la mente, avizorando una nueva perspectiva en que el yo, y el nos, se conjugan armónicamente para continuar edificando una educación renovada hacia una verdadera apropiación de la praxis del conocimiento.

Ing. César Mendoza, PhD, PhD.



# DEDICATORIA

En abundante amor y agradecimiento, este libro está dedicado a mis amados en la tierra: mis hijos Franchesca y Juan Antonio, mi esposo Juan Carlos y mis padres

Colón y Germania.

A mis amadas en los cielos: Rosario e Isabella.

A mi entrañable profesor Urías Fuenzalida: Ufo.

Telly Yarita


# DEDICATORIA

Con mucho amor y agradecimiento, este libro lo dedico a: mis hijos Nathaly Valentina, Jack Fabrizzio y Danna Mikaela, a mi esposa Tamara Rocío, a mis padres Ruth Edith y César Manuel (+), mi ángel en los cielos.

Ricardo Fabricio


**SECCIÓN I - ENERGÍAS ALTERNATIVAS****CAPÍTULO 1 ..... 1****BIOGÁS, ENERGÍA AMIGABLE Y SOSTENIBLE PARA EL PEQUEÑO PRODUCTOR: ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA FINCA RURAL**

Telly Yarita Macías Zambrano  
 Tanya Beatriz Bravo Mero  
 Teresa Viviana Moreira Vera  
 Antonio Vásquez Pérez  
 Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
 Daniel David Carvajal Rivadeneira  
 Fabián Enrique Lozada Almendariz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302051>


**CAPÍTULO 2 ..... 16****IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Telly Yarita Macías Zambrano  
 Yoan Pablo Rodríguez Monier  
 María Rodríguez Gámez  
 Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
 Verónica Dayana Espinel Pino  
 Mario Hernán Mendoza Solórzano  
 Jorge Daniel Menéndez López

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302052>

**CAPÍTULO 3 .....33****DESECHOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR, GENERACIÓN DE ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE: SUS IMPACTOS**


María Rodríguez Gámez  
 Telly Yarita Macías Zambrano  
 Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
 Carmen Liliana Mera Plaza  
 Alfredo Javier Carvajal Rivadeneira  
 Víctor Manuel Delgado Sosa  
 Doris Marlene Sancán Murillo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302053>

**CAPÍTULO 4 .....48****TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE HIGUERILLA (*Ricinus communis L*) PARA LA GENERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE Y DETERMINACIÓN DE COSTOS**

Telly Yarita Macías Zambrano  
 Tanya Beatriz Bravo Mero  
 Verónica Dolores Palma Mendoza  
 Rosa Delfina Giler Giler  
 Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
 Verónica Del Pilar Zambrano Burgos

Magda Francisca Cejas Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302054>

**CAPÍTULO 5 ..... 61**

**ESTUDIO DE BIOMASA EN UNA FINCA LOCALIZADA EN LA COMUNIDAD NARANJAL DE LA PARROQUIA ABDÓN CALDERÓN**

Katherine Lisbeth Carreño Suárez

María Rodríguez Gámez


Telly Yarita Macías Zambrano

Antonio Vásquez Pérez

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán

Gonzalo Rigoberto Menoscal Chilán

Tanya Beatriz Bravo Mero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302055>

**SECCIÓN II - ECO DISEÑOS INDUSTRIALES**

**CAPÍTULO 6 ..... 81**

**ECO DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO**

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán


Telly Yarita Macías Zambrano

German Temistocles Ramos León

Eder Israel Chinga Muentes

Fabián Enrique Lozada Almendariz

José Elías Solórzano Giler

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302056>

**CAPÍTULO 7 ..... 95**

**SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE HUMOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA**

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán


Telly Yarita Macías Zambrano

Adrián Adalberto Hernández Solís

Eder Israel Chinga Muentes

Teresa Viviana Moreira Vera

Carlos José Junquí Vélez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302057>

**CAPÍTULO 8 ..... 106**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE NAVES INDUSTRIALES**

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán


Telly Yarita Macías Zambrano

Fausto Roberto Andrade Badillo

Adrián Adalberto Hernández Solís

Roque Alexander Mendoza Zambrano


Carlos José Junquí Vélez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302058>

**CAPÍTULO 9 ..... 118**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE FRÍO: CHILLER**


Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
Telly Yarita Macías Zambrano  
Vicente Paúl Zambrano Valencia  
V́ctor Manuel Delgado Sosa  
Adrián Adalberto Hernández Solís  
Carlos José Junquí Vélez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7832302059>

**CAPÍTULO 10..... 130**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ECO AMIGABLE**

Ricardo Fabricio Muñoz Farfán  
Telly Yarita Macías Zambrano  
V́ctor Manuel Delgado Sosa  
Vicente Paúl Zambrano Valencia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.78323020510>

**SOBRE LOS ORGANIZADORES ..... 145**

**SECCIÓN I**  
**ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

## BIOGÁS, ENERGÍA AMIGABLE Y SOSTENIBLE PARA EL PEQUEÑO PRODUCTOR: ANÁLISIS DE COSTOS PARA UNA FINCA RURAL

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Telly Yarita Macías Zambrano**

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Tanya Beatriz Bravo Mero**

<https://orcid.org/0000-0002-3437-8584>

**Teresa Viviana Moreira Vera**

<https://orcid.org/0000-0001-9868-3652>

**Antonio Vásquez Pérez**

<https://orcid.org/0000-0003-4738-7970>

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Daniel David Carvajal Rivadeneira**

<https://orcid.org/0000-0002-6648-8473>

**Fabián Enrique Lozada Almendariz**

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**BIOGAS, FRIENDLY AND SUSTAINABLE ENERGY FOR SMALL PRODUCERS: COST ANALYSIS FOR A RURAL FARM**

agropecuario, teniendo como objetivo central el diseño y presupuesto de un sistema de generación de biogás para un predio rural, mediante una metodología práctica en finca con la biomasa producida por la cría de cuy y el cultivo de maní, aplicando un análisis de costos de implementación de un biodigestor, se pudo determinar el volumen, temperatura, presión y poder calorífico del biogás obtenido del proceso de biodigestión, y consecuentemente para la generación de energía eléctrica para el alumbrado de un gallinero; se analizaron los costos unitarios del sistema de generación de biogás y se determinaron los costos totales, teniendo una ventaja para el pequeño productor en cuanto a costos del sistema en comparación a los ofertados en el mercado, logrando estar en el rango financiable a corto plazo, considerando los materiales de calidad del sistema.

**PALABRAS CLAVES:** biomasa, costo unitario, energía renovable, gas natural, sostenibilidad.

**RESUMEN:** El estudio refiere al biogás como una forma de producción de energía sostenible para el pequeño productor

## 1 | INTRODUCCIÓN

Aunque las energías renovables han venido utilizándose desde hace varias décadas, sobre todo en las zonas rurales donde se ha palpado la carencia de la energía eléctrica para sus diversos usos, lo que ha hecho que para suplir esa necesidad el campesino deba utilizar combustibles como el diésel para alumbrar su hogar, para echar a andar motores y bombas de riego que se utilizan a diario en la agricultura (Alexander & Boyle, 2014), el cambio climático, el pico (o cénit) petrolero y la seguridad energética son las tendencias mundiales que empiezan a marcar el ritmo de la transición energética requerida para abastecer a la creciente demanda de energía mundial al tiempo que se abandona aquella que ha sido la principal fuente de energía hasta la actualidad: combustibles fósiles (Castro, 2011). Ante este reto, las tecnologías de fuentes de energía renovable están recibiendo fuertes incentivos y estímulos de desarrollo a nivel global (Kammen, 2014). Esto ha permitido que varias de ellas se vuelvan competitivas ante alternativas tradicionales de generación energética y empiecen a tener un despliegue y uso comercial (WEC, 2010).

En Ecuador, los últimos 25 años de inversión en fuentes de energía renovable han constituido una alternativa práctica y amigable con el medio ambiente, sobre todo en los actuales momentos en que el planeta atraviesa por cambios climáticos severos que afectan particularmente a los campos agrícolas y a los ecosistemas en general, permitiendo reducciones de costos en valores del 40% en tecnologías relacionadas con biomasa, del 70% en geotermia y del 90% en energías eólica, solar fotovoltaica y solar térmica. Se considera que para que estas tecnologías tengan potencial para ser utilizadas en Ecuador, se encuentren en la fase de despliegue y comercialización (Peláez & Espinoza, 2015).

Ecuador produce tanta biomasa potencialmente del sector agropecuario, un gran potencial técnico para la producción de biogás en las zonas rurales, siendo una oportunidad para la diversificación de la matriz energética, la cual depende del sistema hidrotérmico (Soria & Carvajal, 2016), tal como está contemplada en la legislación madre ecuatoriana, art. 43 que promueve la búsqueda de alternativas de diversificación de las fuentes de energía renovable para reducir el consumo de combustibles fósiles (Asamblea Constituyente, 2008).

Algunos proyectos a nivel de país han sido reportados, sobre todo como investigación de organismos oficiales, así el proyecto concebido por la empresa pública del municipio de Quito con la compañía privada trabaja el aprovechamiento de 2000 toneladas de basura del relleno sanitario en una planta de generación de energía eléctrica a partir del biogás capturado en el relleno y conectada a la red nacional de energía, la cual consta de 3 generadores con una producción de 40 MW/día que benefician a 20 000 familias de barrios



suburbanos (Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS - EP, 2016).

Por su parte también, instituciones como CTCN-CIMNE-IIGE-INIAP impulsan el Programa nacional de biodigestores, como parte de la política pública de sostenibilidad energética (Martí, y otros, 2018), el cual incentivó el aprovechamiento de todo tipo de biomasa y residuales, sean urbanos como los domiciliarios y de la industria, o rurales como los agrícolas, pecuarios y agroindustriales, proporcionando asistencia técnica a los beneficiarios, basado en el aseguramiento sostenible de un naciente sector tecnológico de biodigestores que aprovechen el potencial de biomasa que genera la producción agropecuaria en Ecuador (Beegroup, 2017).

El estudio de Martí (2019) a nivel de experiencias en Latinoamérica con el uso de biodigestores para la generación de biogás como una fuente de energía primaria proveniente de fuentes renovables, sostenible y enfocado como aporte a la realidad energética ecuatoriana (Vera, y otros, 2017), enfatiza en la resiliencia de los pequeños sistemas de producción agrícola ante el cambio climático basado en minimizar la dependencia de suministros que la finca no pueda producir, sino que se sustente en lo que si pueda producir, dando el valor agregado a su producción agropecuaria.

Para este grupo de productores, la concepción actual de una finca productiva y sostenible que propende a la utilización de fuentes de energía alternativa que coadyuven a la integralidad de la finca, aprovechando de mejor manera los desechos orgánicos que genera la producción agropecuaria en beneficio de la finca como tal (Macías T. , y otros, 2021) puede estar distante de la realidad, puesto que, las fincas agropecuarias tradicionales dedicadas a la producción de cultivos variados, a la cría de ganado vacuno y porcino, y aves de corral, generan diariamente cierto volumen de residuos orgánicos como hojarasca, tallos, frutos caídos, secos y húmedos, estiércol de vacuno, porcino, aves de corral, etc. que constituyen un obstáculo para el agricultor en cuanto al tiempo y al dinero, ya que la manera en que se han venido manejando los residuos dentro de la finca es con el apilamiento y la quema (Carreño et al., (2020).

En este sentido, el escaso aprovechamiento de los recursos naturales que se poseen, lo cual implica la flora endémica (arbustos, hierbas, etc.) y desechos de la producción (hojarasca, diversas fibras vegetales, estiércol de ganado, de aves de corral, etc.), las cuales son apiladas para posteriormente ser quemadas ocasionando consecuentemente contaminación al medio ambiente, constituye una de las limitaciones más frecuentes que se da a nivel de las fincas rurales, (Macías, Bravo, Palma, & Giler, 2020). La participación de las familias en las actividades cotidianas de la finca es fundamental para maximizar la productividad de la finca y minimizar los costos de producción, puesto que el pago en

jornaleros llega a representar un gran porcentaje de los ingresos que pueden obtenerse de la venta de los productos agropecuarios, limitando el hecho de propender hacia una finca más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental; tendiendo además a afectar el bienestar y capacidad productiva de la tierra de la finca (Macías T. , Rodríguez, Moreira, Mera, & Bravo, 2020).

En tal virtud, para aprovechar todos los desperdicios que se generan dentro de la finca es precisa la utilización de las fuentes de energía renovable, como la generación de biogás a partir de toda la biomasa recolectada. Así, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar y presupuestar un sistema de generación de biogás auto sostenible para los pequeños finqueros productores de predios agropecuarios de las zonas rurales, tomando como referencia una finca apícola y agropecuaria, con el cual se brinda una alternativa sostenible a los agricultores y finqueros, como una forma de utilización de energías renovables que promuevan una conciencia más amigable con el medio ambiente, además de contribuir a la reducción de costos por uso de la energía eléctrica.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca Mis 2 Principitos, localizado en la Comuna El Limón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, ubicada geográficamente en las coordenadas, 800 mm precipitación, 90% humedad relativa, temperatura entre 20-32° C según la estación invierno o verano. Los Materiales utilizados fueron de construcción, plásticos, tuberías, entre otros.

### **Análisis y discusión de los resultados**

La finca estudiada es una finca apícola y agropecuaria, posee un apiario conformado por 40 colmenas de abejas de la especie (*Apis melífera*), un pequeño meliponario de abejas nativas sin aguijón (ANSA), cultivos de ciclo largo como palma de coco (*Cocos nucifera*), plátano (*musa paradisiaca*), limón (*citrus limon*), fréjol de palo (*Cajanus cajan*), frutales como mango (*Mangifera indica*), grosella (*Phyllanthus acidus*), guayaba (*Psidium guajava* L.), anona (*Annona squamosa* L.), granada (*Punica granatum*; L.), maracuyá (*Passiflora edulis*), un huerto familiar de hortalizas y legumbres, cría de aves de corral como gallinas, patos y palomas, cría de cerdos y de cuyes. La finca se localiza gráficamente en la figura 1.

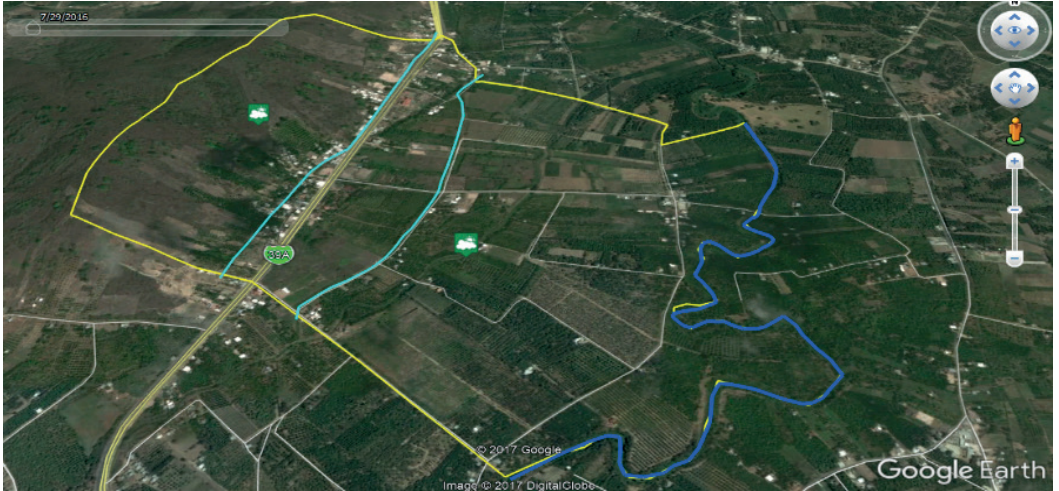


Figura 1. Localización de la finca

Fuente: Google Earth

### Instalación del sistema

El armado del sistema se realizó mediante conexiones de tuberías PVC que van desde el tanque biodigestor hacia el gasómetro, se coloca un manómetro en el biodigestor que indique la presión generada en el tanque y una válvula para poder realizar la descarga del biogás hacia el gasómetro cuando se lo requiera, esto es cuando se alcanza la presión de  $1,01972 \text{ Kg f/cm}^2$ ; de la misma manera, se coloca un manómetro y una segunda válvula en el gasómetro para liberar el biogás hacia el grupo electrógeno que alimentará de energía eléctrica al gallinero de la finca.

### Alimentación del biodigestor

Para alimentar el biodigestor se utilizó la biomasa seleccionada de cascarilla de maní y estiércol de cuy, en las proporciones de  $12,64 \text{ Kg}$  de excretas,  $19 \text{ Kg}$  de fibra vegetal y  $0,1 \text{ m}^3$  de agua, considerando que el biodigestor sea alimentado con esta biomasa aproximadamente hasta el 50% de su capacidad, esto es  $0,1 \text{ m}^3$ .

La Tabla 1 a continuación, muestra en detalle las proporciones de biomasa utilizada en el biodigestor:

Biomasa	Cantidad	Unidad
Estiércol de cuy	19,00	Kg
Cascara de maní	12,64	Kg
Agua	0,1	m <sup>3</sup>

Tabla 1. Biomasa utilizada

Nota. Elaboración propia.

### Lectura diaria de datos arrojados por el sistema

Transcurrido el día uno de la instalación del sistema, el día dos se inicia la lectura de los datos arrojados por el sistema, estos son la temperatura y la presión, estos datos son ingresados a la hoja de cálculo Excel que automáticamente va arrojando el volumen de biogás diario cuando se ha procedido a descargar el biodigestor hacia el gasómetro.

A continuación, en la tabla (3) se muestra el detalle de los datos ingresados a la hoja de cálculo en el día uno.

Datos	Valor	Unidad S.I.
Diámetro 1 = D1	0,57	M
Diámetro 2 = D2	0	M
Presión manométrica 1 = Pman1	0,421842	Kg f/cm <sup>2</sup>
Presión manométrica 2 = Pman2	0	Kg f/cm <sup>2</sup>
Longitud 1 = L1	0,89	M
Longitud 2 = L2	0	M
Temperatura 1 = T1	30	°C
Temperatura 2 = T2	30	°C
Fluido del gas (constante)	16,043	Metano
Masa molar 1 = m1	0,20659	Kg m
Masa molar 2 = m2	0,146697	Kg m
Volumen 1 = V1	0,227425	m <sup>3</sup>
Volumen 2 = V2	0,227425	m <sup>3</sup>
Presión = P = p	0,717	Kg/m <sup>3</sup>
Vbiogas1	0,288131	m <sup>3</sup>
Vbiogas2		m <sup>3</sup>

Tabla 3. Datos ingresados a la hoja de cálculo

Nota. Elaboración propia.

## Cálculo del volumen de biogás generado por el sistema

Para calcular el volumen de biogás que se genera diariamente en el biodigestor se utiliza la ecuación universal de los gases, despejando la masa para poder calcularla y expresarla en Kg m, esto es:

$$PV = mRT \quad (1)$$

$$m = \frac{PV}{RT} \quad (2)$$

Para aplicar esta fórmula, se debe conocer los valores de la presión absoluta, el volumen, la temperatura absoluta y la constante del gas metano para poder conocer el valor de la masa, de tal manera que se procede a calcular la presión absoluta expresada en Kgf/cm<sup>2</sup> sumando la presión manométrica y la presión atmosférica, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad (3)$$

Cuando se toma la lectura de la temperatura en el biodigestor con el termómetro debe transformarse de °C a °K, para poder reemplazar en la fórmula de la masa, de la siguiente manera.

$$T = ^\circ\text{C} + 273,15 = ^\circ\text{K} \quad (4)$$

Para el cálculo del volumen del biodigestor se emplea la fórmula siguiente:

$$V = \frac{\pi D^2}{2} L \quad (5)$$

La constante del gas R se calcula mediante la división entre la constante universal de los gases  $R_u$  y la masa molar del gas de metano, la misma que se expresa en Kgf m/Kg °K.

$$R = \frac{R_u}{m} \quad (6)$$

Con los valores de volumen, presión, temperatura y constante del gas calculados, se procede a aplicar la ecuación despejada de la masa molar, para conocerla:

$$m = \frac{PV}{RT} \quad (7)$$

$$m = 0,20659 \text{ Kg m} \quad (8)$$

Finalmente se calcula el volumen de biogás generado dentro del biodigestor utilizando la siguiente fórmula.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (9)$$

Los valores empleados se reflejan en la tabla No. 4:

Datos	Valor	Unidad (S.I.)
Masa molar = m	0,20659	Kg m
Presión = r	0,717	Kg/m <sup>3</sup>
Volumen de biogás = V	0,288131	m <sup>3</sup>

Tabla 4. Cálculo de biogás generado

Nota. Elaboración propia.

Durante los días subsecuentes se continuó tomando la lectura de la temperatura y presión diarias que genera el biodigestor, para ingresar estos datos a la hoja de cálculo y obtener el volumen diario del gas. Cuando la presión alcanzó 1,01972 Kg f/cm<sup>2</sup> en el biodigestor, se abrió la válvula para liberar el biogás al gasómetro, este procedimiento se repitió todos los días hasta que el manómetro ya no marcara presión, lo cual significa que todo el gas se encuentra almacenado dentro del gasómetro.

### Prueba del biogás en una plancha de 10 focos ahorradores de 9 vatios

Se utilizaron 0,25 m<sup>3</sup> de biogás para encender una plancha de 10 focos ahorradores de 9 W, alcanzando un tiempo total de encendido de 0,017 horas (1.02 minutos).

## Utilización del biogás en la finca

Para utilizar el gas que se encuentra almacenado en el gasómetro se recurre a abrir la válvula ubicada en la salida de gas, esta se conduce mediante una tubería hasta el grupo electrógeno conectado al sistema eléctrico del gallinero de la finca que posee dos focos ahorradores de 60 W.

Como resultados de la implementación de un sistema de generación de biogás en la finca, se tiene de manera gráfica el volumen de total biogás generado por el sistema y la determinación de costos que implicó.

## Volumen de biogás generado por el sistema

En la tabla (5) se puede visualizar las mediciones de variables como la temperatura, presión y volumen en un tiempo de 32 días del sistema de generación de biogás en el que se utilizó una mezcla de 19 Kg de estiércol de cuy, 12,64 Kg de cascarilla de maní y 0,0001 m<sup>3</sup> de agua en un tanque biodigestor de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad. Puede observarse que la generación de biogás comenzó el día dos y de allí en adelante hasta el día 32, se generó un total de 5,95 m<sup>3</sup> de biogás.

Día	Temperatura (°C)	Presión (Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
2	28	5,5	0,28303697
3	60	4	0,28245408
4	51	11,1	0,35216312
5	26	2	0,2355505
6	28	3	0,24800068
7	29	1,9	0,23181495
8	59	4	0,23756097
9	38	2	0,22646612
11	36	2	0,22793121
12	34	2	0,22941538
14	59	4,3	0,24137293
15	30	3,5	0,25332555
16	58	4,5	0,2446508
17	58	4,3	0,2704998
18	44	6,9	0,28871919
20	46	15,1	0,39402511
21	46	8,2	0,3014564
23	72	12	0,32643677

25	31	10,5	0,34962664
31	38	20	0,47062004
32	64	6	0,25907406
<b>V biogás =</b>			<b>5,95420129</b>

Tabla 5. Volumen total de biogás generado por el sistema

Nota. Elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla No. 7, los días que se generó un mayor volumen de biogás fueron el día 4 con un volumen de 0,35m<sup>3</sup>, el día 20 con un volumen de 0,39 m<sup>3</sup>, el día 23 con un volumen de 0,33 m<sup>3</sup>, el día 25 con un volumen de 0,35 m<sup>3</sup> y el día 31 con un volumen de 0,47 m<sup>3</sup>.

En la gráfica No. 4 se observa la curva obtenida del cálculo del volumen diario de biogás generado por el sistema, en que se aprecia claramente los puntos máximos alcanzados en cuanto al volumen generado diariamente por el sistema.

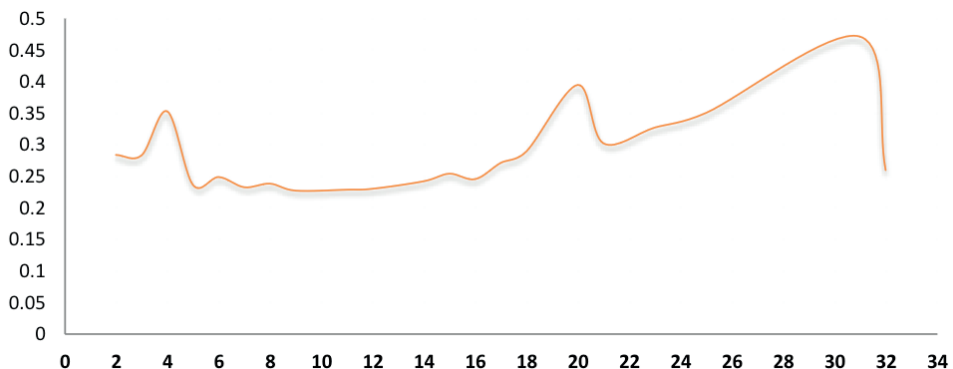


Figura 4. Curva del volumen de biogás generado por el sistema

Nota. Elaboración propia.

Se puede apreciar el volumen pico de la producción de biogás en el día 31, obteniendo una media de 0.19m<sup>3</sup> /día, que refleja un sistema a pequeña escala que suple necesidades como el alumbrado, cocción, etc., lo cual concuerda con lo referido por (Carreño, Rodríguez, Macías, Ormaza, & Lozano, 2020), quienes indican que cultivos como el arroz son productores de la biomasa en Manabí que pueden aprovecharse para convertirse en biocombustibles, biogás y en biocombustibles para generar calor, electricidad e incluso para cocinar alimentos. Además, los sistemas de energía de biomasa son generadores de fuentes de empleo e ingresos, ayudando a mejorar las condiciones



de vida de las personas que habitan en la zona y promover el desarrollo rural (Rodríguez, Macías, Velepucha, Mera, & Cantos, 2020). Esta es una buena consideración para poder adoptar sistemas de generación de biogás con bajo costo en dinero y a corto plazo más amigables con el medio ambiente.

### Análisis de precios unitarios del sistema

En la tabla No. 6 se detallan los precios unitarios por materiales, equipos y mano de obra para realizar la mezcla y llenado de biomasa en el biodigestor.

Materiales	Unidad	Cantidad A	Unitario B	Costo Unitario C=A*B	%
Herramientas menores (% M.O.)	Global			\$4,20	0,46
Adaptadores, codos, uniones, tuberías, y varios	Global			\$260,00	28,71
			Parcial N	\$264,20	29,18
Equipos	Unidad	Cantidad A	Unitario B	Costo Unitario C=A*B	
Bomba de vacío 8.5 a 9 CFM 3/4 HP	U	1	350	\$350,00	38,65
Generador 110 V - 60HZ 950W AC	U	1	170	\$170,00	18,77
Tambor metálico de 55 Gal	U	3	12	\$36,00	3,98
Tanque botella PE 2500 L c/kit	U	1	2,6	\$2,60	0,29
Manómetro 0-30 Psi	U	4	11	\$44,00	4,86
			Parcial O	\$602,60	6,55
<i>Mano de obra</i>	Cantidad A	Jornal/ Hora B	Costo hora C=A*B	Costo Unitario D=C/R	
Jornalero	1	1,98	\$1,98	\$12,38	1,37
			Parcial P	\$12,38	1,37
Total Costos directos	Q=(N+O+P)			\$879,18	97,09
Costos indirectos:					
Imprevistos:	(Q) x	3,00%	\$26,37		2,91
Precio Unitario Total				\$905,55	100,00

Tabla 6. Análisis de precios unitarios del sistema de generación de biogás

Nota. Elaboración propia.

## Presupuesto para implementación del sistema de generación de biogás

La instalación y montaje del sistema de generación de biogás está calculado en base al 10% de referencia que un técnico cobra por poner en marcha un sistema electromecánico, mostrado en la tabla (7) a continuación.

	Descripción	Valor	%	Costo
1	Instalación y montaje de biodigestor, manómetro, tuberías de conexión, tanque alimentador, bomba de vacío, generador.	\$602,60	10%	\$60,26
		Sub total		\$60,26
		IVA	12%	7,23
		IVA	0%	0,00
		Descuento		7,23
		Total		\$60,26

Tabla 7. Presupuesto para implementación del sistema de generación de biogás

Nota. Elaboración propia.

De la sumatoria de los costos de materiales, equipos, mano de obra, de instalación y montaje se calculó la inversión total para implementar el sistema de generación de biogás en la finca, el cual alcanzó los \$965,81, tal como puede observarse en la tabla (8).

	Descripción	Valor	%
1	Costo de inversión en materiales, equipos y mano de obra	\$905,55	93,76
2	Costo de instalación y montaje del sistema	\$60,26	6,24
Total de costos del sistema		\$965,81	100,00

Tabla 8. Presupuesto total de inversión en el sistema de generación de biogás

Nota. Elaboración propia.

Sin embargo, en el estudio levantado por el programa nacional de biodigestores (PNB) patrocinado por la CTCN-CIMNE-IIGE-INIAP, los precios de montaje e instalación de sistemas de biodigestión son altos para un pequeño productor agropecuario, los cuales dependiendo del material y volumen de producción de biogás están alrededor de \$1500 el más económico, de material plástico con capacidad de 20m<sup>3</sup> (Martí, y otros, 2018). En esta consideración, es preciso destacar opciones de instalación de biodigestores como el

presente, de manera personalizada, en base a las necesidades particulares del pequeño productor.

### Requerimiento de biogás para el alumbrado del gallinero

En la tabla (8) se muestra el requerimiento para el alumbrado del gallinero de la finca que tiene un área de 30 m<sup>2</sup> y dos focos ahorradores de 60 W, durante 0,17 horas por día, se necesita de 1,5 m<sup>3</sup> de biogás en un mes o su equivalente a 0,025 m<sup>3</sup> de biogás diarios:

Cantidad	Artefacto	Potencia (W)	Tiempo de encendido (hrs)	Volumen diario de biogás requerido (m <sup>3</sup> )
2	Focos ahorradores	60	0,17	0,025

Tabla 8. Consumo de energía en el gallinero de la finca

Nota. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que el volumen de biogás obtenido, se emplea para la iluminación del gallinero de la finca que posee 2 focos ahorradores y un sensor de movimiento, en concordancia con lo expresado en el manual de la (FAO, 2011) que refiere que en aquellos lugares donde los combustibles son escasos, los sistemas pequeños de biogás también se pueden utilizar para iluminación. Así también el manual de la (OLADE, 2014) establece que en los países sureños de América se trabaja en la obtención de biogás con residuos vegetales, los cuales fueron parte de la biomasa (arroz y maní) utilizada en este estudio mezclada con estiércol de animales (cuy) para acelerar el proceso de fermentación de la biomasa en el biodigestor, y por ende la generación de biogás.

## 3 | CONCLUSIONES

Atendiendo a las necesidades energéticas de una finca agrícola como el modelo de finca estudiado, y en aras de contribuir a minimizar la problemática encontrada de manejo de residuos orgánicos de la siembra y cosecha de plátano y coco se diseñó y presupuestó un sistema de energía renovable en la finca entendido como la producción de biogás a partir de biomasa de estiércol de cuy y cascarilla de maní, utilizando un gasómetro de 2,5 m<sup>3</sup> y un biodigestor de 0,0002 m<sup>3</sup> de capacidad, cuyo costo total del sistema ascendió a USD \$657,54. El volumen de biogás obtenido fue de 6m<sup>3</sup> en la prueba. Para realizar la instalación de este sistema en la finca con el propósito exclusivo de alumbrar un gallinero de 30 m<sup>2</sup> que posee 2 focos ahorradores y un sensor de movimiento; se requiere de una generación de 3,75 m<sup>3</sup> de biogás por día.

El sistema de generación de biogás es uno de los más indicados para implementar en una finca como una fuente de energía renovable, debido a consideraciones tales como: la disposición de desechos orgánicos para alimentar al biodigestor, la facilidad de ejecución de las tareas de alimentación del sistema, el ahorro de pago de mano de obra, el ahorro en compra de insumos químicos para eliminar la maleza, el monto de inversión bajo para la implementación del sistema.

El pequeño productor está en capacidad de manejar la alimentación del tanque biodigestor, no teniendo que manejar mecanismos de seguridad de extracción del biogás del gasómetro y conducirlo hasta el grupo electrógeno que alimentará de bioenergía al sistema eléctrico del gallinero, ya que esta instalación es parte del sistema para producir la energía.

El mantenimiento del sistema es sencillo, una vez que el pequeño productor ha sido capacitado en su uso y manejo adecuado.

## REFERENCIAS

Alexander, G., & Boyle, G. (2014). *Introducing renewable energy*. Cambridge: Oxford University Press.

Asamblea Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador: Suplemento del Registro Oficial No.449.

Beegroup. (2017). *beegroup-cimne*. Obtenido de CTCN – UNIDO | Programa Nacional de Biodigestores en Ecuador: <https://www.beegroup-cimne.com/portfolio/pnb-programa-nacional-de-biodigestores-en-ecuador/#:~:text=El%20objetivo%20del%20proyecto%20es,biomasa%20de%20la%20producci%C3%B3n%20pecuaria>.

Carreno, K., Rodríguez, M., Macías, T., Ormaza, M., & Lozano, G. (2020). Study of Biomass in an Orchard Located in the Naranjal Community of the Abdón Calderon parish. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, Vol. 12, No. 9, 34-45.

Castro, M. (2011). *Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador*,. Quito: CEDA-IDRC.

Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS - EP. (2016). *EMGIRS EP*. Obtenido de Quito genera energía eléctrica con el biogas del relleno sanitario : <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools-2/objetivos-estrategicos/45-travels-3/265-quito-genera-energia-electrica-con-el-biogas-de-su-basura>

FAO. (2011). *Manual de biogas*. Santiago de Chile: MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF.

García, H. (27 de marzo de 2015). *Del chiquero al biogás. Una experiencia con beneficios económicos y ambientales*. Obtenido de caminos del buen vivir: <https://caminosdelbuenvivir.wordpress.com/2015/03/27/del-chiquero-al-biogas/>

Kammen, D. (2014). *Taxonomía de la energía renovable*. Cleveland: Elsevier.

Macías, T., Bravo, T., Palma, V., & Giler, R. (2020). Transesterification of vegetable oil of higuera (ricinus communis l) for biofuel generation and cost determination. *International Journal of Life Sciences & Earth Sciences*, 3(1), 1-7. Obtenido de <https://doi.org/10.31295/ijle.v3n1.96>

Macías, T., Rodríguez, J., Mendoza, J., Mero, C., Zambrano, A., & Giler, D. (2021). Environmental Impact of Photovoltaic Solar Technology. *International Journal of Life Sciences*, 5(1), 14-25.

Macías, T., Rodríguez, M., Moreira, T., Mera, R., & Bravo, T. (2020). Quality parameters of honeybee apis mellifera in apiaries of the rural area manabita ecuador. *Palarch's Journal Of Archaeology Of Egypt/ Egyptology* 17(7). ISSN 1567-214x, 13054-13062.

Martí, J. (2019). *Latin American experiences in the democratization of biodigesters. Contributions to Ecuador*. Ecuador: Technology Centre and Network (CTCN)-UNFCCC. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1VZfHjAeuA1Kj6R7\\_jCj\\_stiS02okc9-f/view](https://drive.google.com/file/d/1VZfHjAeuA1Kj6R7_jCj_stiS02okc9-f/view)

Martí, J., Cuji, P., V., R., Rodríguez, L., D., L., & Cipriano, J. (2018). *Hacia un sector de biodigestores sostenible en Ecuador: Insumos para un componente de biodigestores de PNABE*. Ecuador: CTCN-CIMNE-IIGE-INIAP-IKIAM-MAE. Obtenido de [https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/r4.1-20191210\\_programa\\_nacional\\_de\\_biodigestores\\_en\\_ecuador-ctcn.pdf](https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/r4.1-20191210_programa_nacional_de_biodigestores_en_ecuador-ctcn.pdf)

OAS.org. (2019). Realidad, Impacto y Oportunidades de los Biocombustibles en Guatemala (Sector productivo) Biogas. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/Energy/Documents/SimposioG/3%20Panel%201%20Biogas.pdf>

OLADE. (2014). *Contribución al desarrollo de energías renovables*. Florianópolis: Olade.

Peláez, M., & Espinoza, J. (2015). *Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas*. Cuenca: OLADE, Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00214.pdf>

PNUD y GEF. (2002). *Manuales sobre energía renovable: solar fotovoltaica*. San José de Costa Rica: BUN-CA.

Rodríguez, M., Macías, T., Velepucha, J., Mera, C., & Cantos, J. (2020). Sugarcane waste, energy generation and the environment: its impacts. *Palarch's Journal Of Archaeology Of Egypt/Egyptology* 17(7). ISSN 1567-214x, 8908-8923.

Soria, R., & Carvajal, P. (2016). Biogás: Una Alternativa para la Expansión de Generación Eléctrica en Ecuador. *Energía*, 38-45.

Vera, I., Estrada, M., González, C., Tejeda, M., López, X., & Ortiz, A. (2017). Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado de Jalisco, México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(3), 307-320. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/404/40453142007.pdf>

WEC. (2010). *Survey of energy resources*. Londres: World Energy Council.

# IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Telly Yarita Macías Zambrano**

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Yoan Pablo Rodríguez Monier**

<https://orcid.org/0000-0001-7200-8456>

**María Rodríguez Gámez**

<https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Verónica Dayana Espinel Pino**

<https://orcid.org/0000-0002-7604-7599>

**Mario Hernán Mendoza Solórzano**

<https://orcid.org/0000-0002-7725-563X>

**Jorge Daniel Menéndez López**

<https://orcid.org/0000-0001-9407-0592>

## ENVIRONMENTAL IMPACT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR TECHNOLOGY

**RESUMEN:** En el trabajo se expone un análisis vinculado a una de las alternativas energéticas ambientalmente sostenible que en los momentos actuales se están

adoptando con éxitos a nivel mundial. Poniendo en práctica el método de investigación de campo, se muestran los resultados de un estudio relacionado con una aplicación de innovación tecnológica para reducir el monto de la factura eléctrica de un local de docentes, mediante la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red de baja tensión de la institución. Se muestran los resultados del estudio de carga y consumo horario de energía de dicha entidad y se despliega una metodología propia para el diseño tecnológico de una central fotovoltaica conectada a la red, que puede evitar el consumo de energía de la red convencional, reduciendo el monto de la factura eléctrica de la institución, al propio tiempo que se logra reducir las pérdidas, mejorar la calidad del servicio eléctrico y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Se exponen los impactos, ambientales y sociales vinculados con la penetración de la tecnología fotovoltaica.

**PALABRAS CLAVES:** energía alternativa, energía solar, impacto ambiental, medio ambiente, sistemas fotovoltaicos.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El desarrollo energético de la sociedad ha constituido un paso importante en el salto experimentado por el progreso humano. Es evidente que sin la energía no hubiera sido posible el desarrollo acelerado de las fuerzas productivas y la creación de la base material que permite al hombre, abandonar las primeras formas de vida y emprender nuevas rutas en el progreso de la humanidad.

Se estima que durante el siglo VI antes de Cristo con el inicio de la era neolítica, comienza el hombre a controlar y utilizar racionalmente la energía en la agricultura, así como el uso de animales para el trabajo y la preparación de alimentos. Ya en los siglos IV y III A.C., se inician los primeros grandes sistemas energéticos de la historia, con la construcción en las zonas pluviales del Tigris, el Éufrates y el Nilo, de sistemas de irrigación de cultivos. Por esta misma época se construye una maquina elemental para el levantamiento de pesos basada en el principio de la palanca (Rodríguez, Vázquez, Castro, & Vilaragut, 2012).

Entre los siglos XII y XVII se experimentó una fuerte demanda de energía para el procesamiento y preparación de los metales, incrementándose considerablemente la demanda de madera para emplearla como combustible. Todo ello dio lugar a un avance desmesurado de la deforestación en muchas regiones europeas. Es precisamente en el siglo XVII, cuando como consecuencia de un mal manejo en el uso de la madera como combustible, se experimenta una aguda escasez de este recurso en Europa occidental, sobre todo en las islas británicas, donde para la realización de las actividades industriales que se derivan de la energía térmica, hubo que empezar a quemar hulla (Saltos, Rodríguez, Vázquez, & Castro, 2016).

A partir del siglo XVII comienza a desarrollarse la primera revolución industrial, con el surgimiento de tecnologías como la máquina de vapor, el ferrocarril y las maquinas textiles, produciéndose la primera transición energética, donde la madera y el carbón vegetal son sustituidos por el carbón mineral. Algunos siglos más tarde entre 1860 y 1930 tiene lugar la segunda transición energética vinculada con la segunda revolución industrial, donde se introdujeron los sistemas eléctricos, la aviación y la siderurgia. En esta etapa el carbón mineral cede paso el uso preferencial del petróleo. Ya en 1859 se había cavado el primer pozo para la extracción de petróleo en Pensilvania por la Seneca Oil Co (Valls, 2019).

En un corto periodo de tiempo durante en la segunda mitad del siglo XIX, se había incrementado rápidamente la participación del petróleo en el mercado mundial de energía primaria, y para el año 1970 constituía la base del primer sistema global de suministro energético (Rodríguez, Vázquez, Sarmiento, & Millet, 2017).

Durante la segunda mitad del siglo XX la participación de los combustibles fósiles en la generación de energía continuó en aumento y cuando se describe el escenario de las nuevas políticas energéticas, se plantea que la demanda de energía global registra una fuerte alza y puede aumentar un tercio de 2010 a 2035 (Vázquez, Rodríguez, Villacreces, & Velez, 2017).

El incremento de la dependencia excesiva de los combustibles fósiles para la obtención de energía, fueron provocando el agotamiento de sus reservas, a tal punto que se estima según un estudio publicado por la Organización de Países Productores de Petróleo (OPEP), que podría fallar el suministro de petróleo para el año 2037 y por otra parte, con un alto grado de complejidad por el peligro que supone la quema de carbón, petróleo y gas natural para el medio ambiente y la especie humana (Dávila, Dávila, Vázquez, & Dávila, 2017).

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado “efecto invernadero”, provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como el CO<sub>2</sub>, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.

La energía eléctrica sin dudas es el recurso más utilizado en el mundo, constituye un elemento técnico que se le confiere una importancia vital para el desarrollo social, sin embargo el uso intensivo de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), propician el agotamiento de sus reservas, a la vez que pueden acumularse efectos contaminantes que ponen en juego la estabilidad de la vida en la Tierra (Saltos, Intriago, Salvatierra, Vázquez, & Rodríguez, 2017).

La combustión de combustibles fósiles, es la responsable de producir el 80 % de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera generando el calentamiento global. Algunas organizaciones han publicado información que revela el peligro que supone la quema de carbón, petróleo y gas natural, pues el nivel histórico de CO<sub>2</sub> existente en la atmósfera, había estado en niveles entre 180 a 280 ppm y en poco más de cien años se ha elevado a 400 ppm, situación que de no controlarse puede generar una verdadera calamidad climática global (Medveczky & Ochoa, 2012).

Como posible respuesta a estos impactos naturales y la conservación de la propia vida del hombre, surge un compromiso social suficientemente entendido por la mayor parte de los seres humanos, que apuesta por un esquema de progreso que al propio tiempo sea respetuoso con la naturaleza y la integridad humana, es decir, se proyecta por un desarrollo sostenible, que potencie entre otros elementos, las fuentes renovables de energía, las



cuales hace algún tiempo no se pensaba que tuvieran una participación tan importante en lo que se refiere a la generación de electricidad (Cabeza, 2018).

Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado “efecto invernadero”, provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como el CO<sub>2</sub>, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global (Dávila et al., 2017).

Hace algunos años se viene planteando con fuerza que las fuentes renovables de energía que reemplacen los combustibles fósiles deben ser más limpias y no deben producir más impactos que aceleren el cambio climático. Se enfatiza que como ventaja adicional deberán ubicarse de manera fácil, con el menor impacto al paisaje y las condiciones ambientales (Van, 2002).

La respuesta yace en el entorno: la luz solar, el viento, el agua, las plantas, el calor de la Tierra. Algunas de estas fuentes son muy antiguas. Desde que los seres humanos aprendieron a hacer fuego utilizaron madera para lograr la calefacción y cocinar. Los molinos de viento ayudaron a irrigar los campos de los antiguos persas. Los antiguos griegos y los romanos utilizaron el agua que caía para hacer girar ruedas hidráulicas. Sin embargo a principios del siglo XX en muchos lugares los combustibles fósiles supuestamente más económicos, reemplazaron casi todas esas fuentes tradicionales de suministro de energía (Rodríguez, Vázquez, Castro, & Vilaragut, 2013).

En la Tierra la radiación solar es la principal fuente de energía primaria, la cual se transforma en energía eléctrica por conversión fotovoltaica. Prácticamente es inagotable, no contaminante, está territorialmente distribuida y su disponibilidad potencial es muy superior a las necesidades energéticas del hombre (Giraudy, Rodríguez, Massipe, Vázquez, & Rodríguez, 2014).

A diferencia de los combustibles fósiles, la energía solar no produce dióxido de carbono y por lo tanto no contribuye al calentamiento global. Lo más importante es que a diferencia de los combustibles fósiles cada vez más escasos, esta fuente de energía nunca se acabará mientras exista el hombre en el planeta (Sarmiento, Castillo, Rodríguez, & Vázquez, 2014).

A nivel mundial hay una concientización cada vez mayor sobre la importancia de la energía renovable y la eficiencia energética, las cuales constituyen una alternativa no sólo para atender el cambio climático, sino para crear nuevas oportunidades económicas y proporcionar acceso a la energía a miles de millones de personas (REN 21, 2015).

Durante la década pasada y particularmente en años recientes, han sido posibles avances en las tecnologías de fuentes renovables de energía, incrementos en la capacidad de generación a nivel mundial, así como rápidas reducciones de costos gracias al apoyo brindado por las políticas económicas, que han atraído una cantidad significativa de inversiones e impulsado la baja de costos por medio de economías de escala (REN 21, 2015).

En 2014 la energía renovable siguió desarrollándose, aun con el creciente consumo de energía a nivel mundial y el dramático declive en los precios del petróleo durante la segunda mitad del año 2015 como telón de fondo. También en 2014 la energía renovable se extendió significativamente en términos de capacidad instalada y energía producida; mientras que las inversiones en energía renovable en el sector energético superaron las inversiones netas para plantas de energía de combustibles fósiles. El crecimiento más rápido y el incremento más sustancial en la capacidad renovable a nivel mundial se vieron en el sector eléctrico, las tecnologías dominantes fueron: eólica, solar fotovoltaica (FV) y energía hidráulica (REN 21, 2015).

El apoyo a las políticas para energías renovables ha contribuido al crecimiento del volumen del mercado y a una competencia mundial alta. Las significativas reducciones en los costos, especialmente para la energía solar FV y la eólica, han jugado un papel en la creciente electrificación del transporte y de los aparatos de calefacción. Este hecho también ha resaltado el potencial para una mayor superposición entre los sectores en un futuro cercano. En muchos países las energías renovables son altamente competitivas con los combustibles convencionales, particularmente en el sector eléctrico (REN 21, 2015).

En países en desarrollo los sistemas de generación distribuida de energía ofrecen una oportunidad sin precedentes de acelerar la transición a servicios modernos de energía y de incrementar el acceso (Cabeza, 2018).

Por su parte el gobierno ecuatoriano sigue muy de cerca el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con proyectos de generación hidráulica, eólica y solar en varios sectores del país. Pero la apuesta nacional aún se centra en el aprovechamiento de su potencial hídrico con grandes proyectos e inversiones. En Loja el Parque Eólico Villonaco es el proyecto más grande de su clase en el país, con 11 aerogeneradores instalados que aportan energía a la red de distribución de media tensión. Estos equipos generarán 16,5 MWh y su aporte al país será de 0,03% al Sistema Nacional Interconectado, pudiendo evitar la emisión de 38.000t CO<sub>2</sub> así como la importación de un volumen importante de diésel. Estos proyectos son impulsados a través de Energía Renovable (Hernández, Vázquez, Rodríguez, Martínez, & Torres, 2017).

Ecuador se ha puesto a tono con lo último en tecnología fotovoltaica y térmica. Como ejemplo, el Gobierno implementó paneles solares fotovoltaicos en ocho comunas del Golfo de Guayaquil. El proyecto Eurosolar pretende dotar de electricidad a 91 comunidades aisladas y pobres con ayuda de la Unión Europea. Aunque otros proyectos se vienen desarrollando mediante la introducción de instalaciones mayores de 500kWp, (Vázquez, Llor, Cuenca, & Hernández, 2016). Sin embargo el aporte de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión en el modo de la generación distribuida aún es pobre y no se comprende adecuadamente su esencia y objetivos.

Para obtener los resultados esperados en un proyecto fotovoltaico se deben considerar ciertos factores, los cuales deben ser estudiados y analizados detalladamente. Lo principal a valorar es la eficiencia energética del sistema fotovoltaico a instalar, para lograrlo se deben evaluar diferentes elementos que están relacionados, como las dimensiones del área de instalación de la tecnología, el potencial promedio de la energía solar diaria, el ángulo de inclinación de los módulos, el nivel de sombreado presente en el área, la calidad y características de la tecnología ofertada, la evaluación de los posibles daños ocasionados por desastres naturales y demás aspectos que de forma particular pueden ser analizados (Rodríguez, Vázquez, Saltos, & Castillo, 2016).

En el trabajo se ofrece una alternativa sostenible al problema del suministro energético, donde se exponen los resultados del diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red en el edificio de docentes de la Universidad Técnica de Manabí, que ofrece la posibilidad de reducir la dependencia del petróleo en la generación de electricidad, contribuyendo a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## **2 | MATERIALES Y MÉTODOS**

Corresponde a una investigación descriptiva, por cuanto se trata de obtener información acerca de los sistemas fotovoltaicos, especialmente los que se conectan a la red de baja tensión en el modo de la generación distribuida y su aplicación en el contexto del área de estudio con el fin de reducir el monto de la factura eléctrica, al propio tiempo de lograr la disminución en el consumo de petróleo y disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por concepto de la generación de electricidad. Se realizó una evaluación sobre la aplicación de la tecnología fotovoltaica y se procedió a verificar su impacto económico, técnico y ambiental.

El método básico utilizado es el exploratorio, con el fin de determinar un grupo de datos y situaciones que eran desconocidas, entre las que se encuentran: el consumo horario

de energía eléctrica en el edificio; el potencial solar incidente en el sitio de la instalación y; la productividad específica que puede lograrse.

De manera general se emplearon las técnicas investigativas de revisión de documentos, textos, tesis, libros, periódicos, revistas, normas técnicas, páginas web y manuales, para la obtención de la información apropiada y clara para el buen desarrollo del tema abordado.

## **Generación de la provincia de Manabí**

La generación base en la provincia de Manabí depende del uso del petróleo mediante un sistema centralizado poco eficiente y muy costoso. Ello supone una influencia ambiental y económica negativa para el consumo de energía, pues por cada MWh de energía generada con plantas térmicas se puede estar emitiendo hasta 0.9 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, al propio tiempo que el petróleo resulta un recurso que presenta altos precios en el mercado, propiciando que el servicio eléctrico sea ineficiente y costoso.

La empresa eléctrica ha considerado lograr un impacto social relevante mediante el incremento de la oferta de energía y a pesar del uso de diversas tecnologías destinadas a garantizar un servicio de calidad, este último objetivo se logra a un elevado precio económico y ambiental, pues cada vez son más numerosas las tecnologías que se incorporan para lograrlo.

Las denominadas fuentes renovables de energía, conocidas así por su capacidad ágil y naturales de autogenerarse, cubren apenas el 12,9% de la demanda global de energía a nivel mundial. Este último porcentaje se desglosa de la manera siguiente: biomasa energía generada con elementos orgánicos derivados de cultivos (10,2%) hidráulicas (2,3%); energía eólica (0,2%); geotérmica y solar (0,2) (Schallenberg & et al, 2008).

En la provincia de Manabí y especialmente en la ciudad de Portoviejo, la energía fotovoltaica posee la capacidad de garantizar un servicio eléctrico de calidad, logrando reducir el impacto económico y ambiental en la generación de la electricidad, elementos que constituyen un reto para las escuelas y colegios.

Las variadas reformas operadas en el Ecuador han ido generando todo un proceder propiciador del ahorro de energía, pero nada contundente y específico como algo tan claro y eficiente como la energía limpia. Para esto, centros docentes tienen en sus planes de desarrollo académico e investigativo proyectos que involucran espacios públicos, que complementan los programas que ayudan al aumento de las energías renovables, transformando el monopolio energético por una matriz renovable diversa de generación

distribuida y sustentada en el aprovechamiento de las fuentes renovables que se encuentren disponibles en los territorios (Cabeza, 2018).

En la provincia de Manabí, la energía fotovoltaica posee la capacidad de garantizar un servicio eléctrico de calidad, logrando reducir el impacto económico y ambiental en la generación eléctrica.

### **Alternativa de solución sostenible al suministro de energía eléctrica**

La investigación propuso una alternativa de solución sostenible al suministro de energía eléctrica, logrando al propio tiempo el ahorro de recursos, la reducción de la factura eléctrica y la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la constitución de la República del Ecuador en el artículo 14 se expresa textualmente “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Asamblea Constituyente, 2008).

En la propia Constitución en el artículo 413 se recoge textualmente: “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. Más adelante en el artículo 414 se plantea textualmente: “El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica;... (Asamblea Constituyente, 2008).

En el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones del Ecuador, en el artículo 9,1 se prioriza el desarrollo en las aplicaciones basadas en fuentes renovables de energía (Asamblea Nacional, 2010).

En el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (SENPLADES, 2013) en el Capítulo 5.1.4. Matriz Productiva y Sectores Estratégicos se expresa textualmente: “Paralelamente a la ejecución de grandes proyectos hidroeléctricos, en 2030 la oferta de electricidad se complementara con la implementación de pequeños proyectos de generación de energía con fuentes renovables tales como: la fotovoltaica, la eólica, la biomasa y la hidroelectricidad en zonas cercanas a los consumidores, y con esquemas de gestión participativa de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, las organizaciones comunitarias y el sector privado. Estos proyectos ponen a disposición energías renovables para usos productivos

locales y el sistema interconectado, lo que permite generar empleo local, optimizar el uso de los recursos naturales, diversificar los territorios en la generación de electricidad y disminuir las pérdidas técnicas en la transmisión de electricidad.

## El potencial solar

El Sol puede satisfacer las necesidades energéticas si se logran conocer las maneras de cómo aprovechar de forma racional la energía que consecutivamente esparce sobre el planeta. Para ello se utilizan sistemas de captación y transformación que se desarrollan con el progreso de la ciencia y la tecnología. Entre las ventajas de esta energía están su elevada calidad, carácter distribuido y relativamente bajo impacto ambiental. Todo el consumo mundial de energía se puede cubrir con el empleo de la energía solar en las diferentes variantes de su aprovechamiento (Alvarez, 2020).

Considerando la distancia que separa el Sol de la Tierra, la proporción de energía radiante que recibe el planeta con respecto al total emitido por el Sol es de apenas una milésima parte por millón, pero, aun así, a la Tierra llegan  $1,51 \times (10^{18})$  kWh/año, esta cantidad equivale a varios miles de veces la energía que utiliza toda la humanidad (Sarmiento, 2013).

### Variables que pueden afectar la radiación solar

Entre las variables que más pueden afectar la radiación solar se encuentra la nubosidad. La estimación de la generación de energía debe considerar el carácter inestable de la fuente primaria (el Sol), la cual presenta fluctuaciones durante el día debido a la nubosidad que supone una alta variabilidad, incrementando o disminuyendo de acuerdo a las estaciones del año, y concretamente en algunos territorios puede ser mayor o menor (Díaz, Vázquez, & Rodríguez, 2012).

El potencial solar significa la potencia equivalente de energía solar que llega al plano horizontal de la tierra en un día y se expresa en: kWh/m<sup>2</sup> día. La provincia de Manabí posee uno de los valores más altos del potencial solar que incide como promedio en el Ecuador. La intensidad de la radiación solar promedio de la provincia es equivalente a medio litro de petróleo por metro cuadrado diariamente.

### Visualización del alcance del estudio

El proyecto desarrollado es capaz de desplegar alcance en lo económico, lo social, lo ambiental y lo científico. El alcance económico radica en la propia naturaleza de la propuesta, ya que se pretende introducir una alternativa técnica que genera un costo virtual igual a cero por concepto de consumo de combustible y lubricante; capaz de reducir las

perdidas; con potencialidad de incrementar la independencia petrolera de la generación de electricidad, lo que posibilita una reducción importante del costo del kWh generado y servido a los usuarios, pudiendo ahorrar divisas por petróleo evitado en la generación de energía.

Las soluciones energéticas que se proponen generan potencialidades de reducir la factura eléctrica. En la actualidad, cuando se consideran las externalidades generadas por el servicio eléctrico tradicional, el costo real sin subsidio del kWh servido a los usuarios finales puede estar entre 0,35 USD y 0,42 USD, en dependencia de las pérdidas. Sin embargo, el costo del kWh fotovoltaico generado en el modo de la generación distribuida y servido a los usuarios finales puede estar costando entre 0,10 USD y 0,23 USD, en dependencia del precio de la tecnología fotovoltaica a la hora de su adquisición (Rodríguez & Vázquez, 2015).

En lo social constituye la propuesta de una solución sostenible a la diversificación de la matriz energética en el territorio, puesto que contribuye a la relocalización de las fuentes energéticas, que representa la introducción de una nueva filosofía de generar y consumir la energía, donde el consumidor se puede convertir en el generador de su propia energía, logrando que la sociedad se convierta en protagonista de la gestión energética. Las aplicaciones están enfocadas en garantizar una mayor calidad y confiabilidad del servicio eléctrico, contribuyendo a mejorar la imagen institucional del sector energético ante la sociedad.

Desde el punto de vista ambiental el alcance está garantizado en la medida que la introducción de la tecnología fotovoltaica logra disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por concepto de la generación de electricidad. Por cada MWh de electricidad generada en una planta térmica que consume petróleo, se emiten 0,25 Ton de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que se logra evitar con la tecnología fotovoltaica.

Hasta estos momentos la mayoría de las aplicaciones fotovoltaicas que se han realizado en Ecuador, obedecen a instalaciones centralizadas conectadas a la red de distribución del Sistema Nacional Interconectado. Desde este punto de vista el alcance científico radica en la novedad del contenido del tema que se aborda, pues se trata de una aplicación puntual en el modo de la generación distribuida, capaz de reducir pérdidas y lograr que el consumidor genere su propia energía, que lo convierte en protagonista de la gestión energética. Los resultados de la investigación pueden ser aprovechados por otros estudiantes, profesores e investigadores que incursionen en el estudio del tema tratado.

## Definición de la muestra inicial del estudio y acceso a esta

Para la entrevista la población está conformada por docentes. Dada las características de la población, no se requiere realizar ninguna ecuación para definir dicha muestra.

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestran las opiniones aportadas por los especialistas en función de la posibilidad de mejoría del servicio eléctrico aplicando tecnología fotovoltaica.

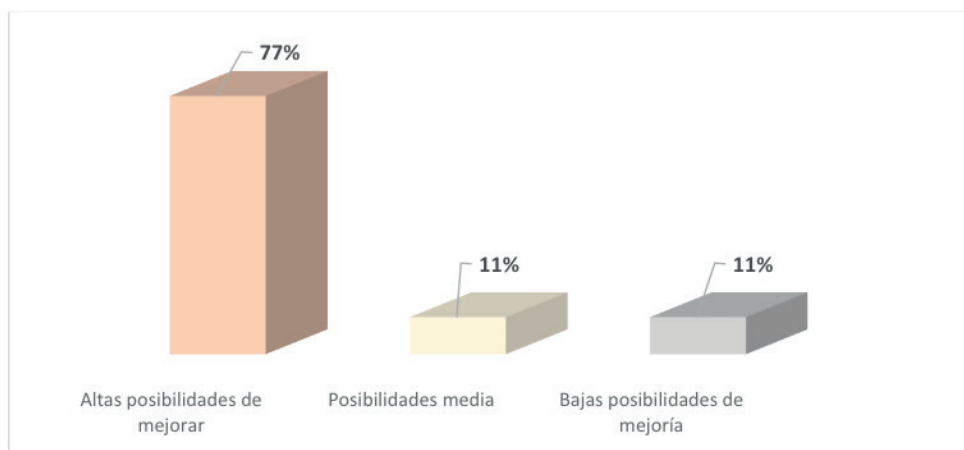


Figura 1. Opiniones aportadas por los especialistas

Fuente: Docentes encuestados

Se puede apreciar que la mayoría de los profesores entrevistados opinaron que la posibilidad de mejorar el servicio eléctrico mediante la aplicación de tecnología de energía solar es alta. Los especialistas opinaron que los sistemas de generación de electricidad aprovechando la energía solar, se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar la radiación luminosa del Sol en energía eléctrica en forma de corriente directa (DC). Ello supone que el consumo de cualquier otro combustible para la generación sea nulo y por lo tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> sean prácticamente simbólicas. En un sistema conectado a la red, la energía mediante el uso de un inversor es transformada a corriente alterna, la cual puede ser utilizada en hogares o instituciones con capacidad de evitar combustibles fósiles para generar electricidad y mejorar el perfil de tensión de la red junto con otros beneficios que sólo se logran con el aprovechamiento de la energía solar en el modo de la generación distribuida (Soto I. E, 2005). Considerando lo planteado anteriormente se puede definir que la introducción de la energía solar en el formato técnico



de conexión la red de baja tensión, aprovechando el modo de la generación distribuida, puede lograr el ahorro de petróleo, la reducción de la factura eléctrica de la institución y al propio tiempo contribuir a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis respecto al impacto de la energía solar en la preservación de los recursos naturales.

No	Criterios	Frecuencia	%
A	Alto impacto en la preservación de los recursos naturales	9	100
B	Un impacto medio en la preservación de los recursos naturales	0	0
C	Un impacto bajo en la preservación de los recursos naturales	0	0

Tabla 1. Impacto de la energía solar en la preservación de los recursos naturales

Nota. Elaboración propia.

Se pudo comprobar que la totalidad de los especialistas encuestados, opinaron que la energía solar puede tener un impacto alto en la preservación de los recursos naturales, pues en la provincia de Manabí la generación de electricidad tiene un origen térmico mediante el uso de petróleo y se conoce que el índice de consumo de combustible para la generación eléctrica es aproximadamente de 0,25 ton de petróleo por cada MWh de electricidad generado (0,25ton/MWh). Esto quiere decir que cada 4 MWh de energía fotovoltaica que se pueda generar, se está ahorrando una tonelada de petróleo.

Se consultó en qué medidas se considera que el aprovechamiento de la energía solar puede contribuir a la protección del ambiente obteniéndose los siguientes resultados en la figura 2 se muestran los resultados.

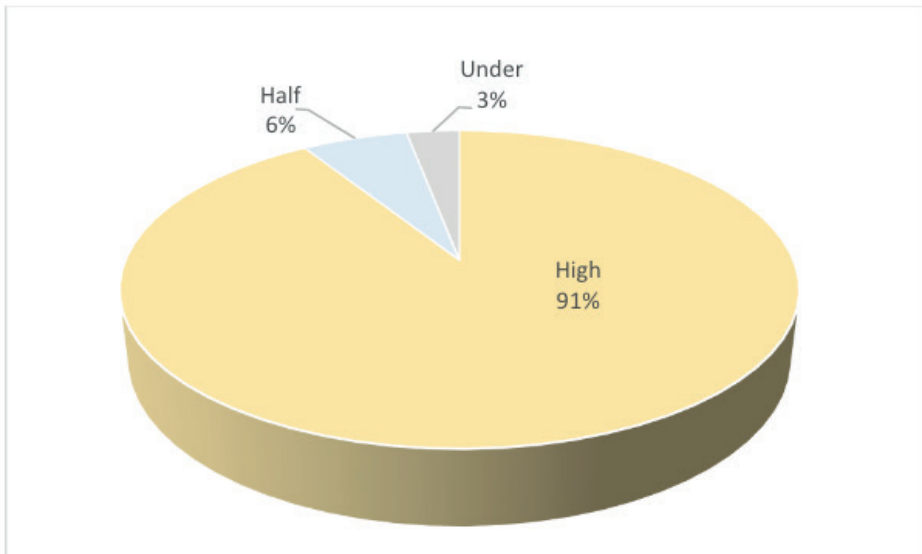


Figura 2. La energía solar puede contribuir a la protección del ambiente

El 91% de los encuestados plantearon que el aprovechamiento de la energía solar puede crear beneficios altos a la protección ambiental; el 6% considera que los beneficios pueden ser medios; mientras que el 3% opinó que dichos beneficios son bajos.

Según datos publicados por la Agencia Internacional de Energía, cuando se analizan los efectos ambientales de la generación de electricidad mediante la quema del petróleo, se puede verificar que por cada MWh generado se emiten 0,9 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, resultando una operación técnica muy contaminante y dañina de las condiciones ambientales, principalmente incrementa el efecto invernadero. Se puede afirmar que el factor contaminante derivado de la generación de electricidad con el uso de petróleo, puede experimentar una alta reducción cuando se logra implementar el aprovechamiento de la energía solar ( Intriago & Salvatierra, 2015).

### El impacto ambiental

El estudio de impactos ambientales se realiza con el objetivo de determinar el impacto al medio que se puede propiciar con la introducción de la tecnología fotovoltaica y estos deben ser estudiados en dos direcciones: los efectos negativos al ambiente del sitio donde se instala la tecnología; y los beneficios ambientales que se logran con la reducción del consumo de combustible fósil como consecuencias de la introducción de la tecnología fotovoltaica.

Los principales efectos ambientales negativos asociados a la introducción de la tecnología fotovoltaica, van a estar relacionados con la ocupación del espacio y la intrusión visual al paisaje que se causa con la introducción del equipamiento. La ubicación de los módulos fotovoltaicos crea un compromiso de ocupación del espacio.

Entre los beneficios y ventajas ambientales que reporta la tecnología fotovoltaica podemos señalar las siguientes: no emite ruido en su funcionamiento; no tiene partes móviles; no necesita ser abastecida; no emite gases contaminantes en su etapa de explotación y; al ser instalada en la cubierta de la edificación puede reducir la transferencia de calor hacia el interior, beneficiando la climatización de los locales y con ello el ahorro de energía por parte del equipamiento de clima. Estas características la convierten en una valiosa solución tecnológica reductiva de impactos ambientales.

Cuando se consideran las pérdidas asociadas al sistema de generación y suministro energético centralizado, se puede afirmar que por cada kWh de energía fotovoltaica suministrada en el modo distribuido de conexión directa a la red de baja tensión del edificio, se puede ahorrar más de 1 kWh de electricidad generada con fósiles, por lo que puede tener un valor agregado de reducción de impactos ambientales.

Si se entra a considerar el petróleo evitado por la generación fotovoltaica y la reducción de las pérdidas, se puede estimar que por cada MWh de electricidad fotovoltaica generada se puede evitar la emisión de 0,9 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Considerando la productividad energética de la central fotovoltaica que se propone, se puede estimar que en un año de generación se logran reducir más de 40 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

### El impacto social

El impacto social constituye un elemento que difícilmente puede lograrse a través de las formas tradicionales de implementar la energía. La tecnología fotovoltaica permite como ninguna otra fuente, la relocalización del recurso energético muy próximo a los actores sociales que consumen la electricidad y este puede ser un elemento influyente para la adopción de nuevas posturas de consumo y responsabilidad en función de la preservación de los recursos y la adopción de patrones de utilización y gasto energético adecuados a las necesidades reales del trabajo y las personas.

## 4 | CONCLUSIONES

La generación fotovoltaica puede evitar la emisión anual de unas 40 toneladas de CO<sub>2</sub>, por concepto de petróleo evitado en la generación de electricidad, además que puede

generar otros beneficios asociados a la protección de los recursos naturales al evitar el consumo anual de más de 1 tonelada de petróleo.

## REFERENCIAS

Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 de 20-oct-2008, Última modificación: 13-jul-2011. Estado: Vigente, Disponible en: [http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Asamblea Nacional. (2010). Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. Registro oficial del Órgano de Gobierno del Ecuador., Disponible en: <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec050es.pdf>

Cabeza, C. J. V. (2018). Estudio del potencial disponible en el edificio 3 para aumentar la generación por energía solar. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Trabajo de titulación previo para obtener el título de Ingeniero Electricista, Repositorio de la biblioteca de la Universidad Técnica de Manabí.

Dávila, C. M. L., Dávila, A. M. G., Vázquez, P. A., & Dávila, A. M. L. (2017). Regulatory Framework for Renewable Energy Sources in Ecuador Case Study Province of Manabí. *International Journal of Social Sciences and Humanities (IJSSH)*, [S.l.]. ISSN 2550-7001. Available at: <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijssh/article/view/33>. Date accessed: 16 nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.21744/ijssh.v1i2.33>, v. 1, n. 2. aug. 2017, 29-42.

Díaz, S. R., Vázquez, P. A., & Rodríguez, G. M. (2012). Normas técnicas y sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Revista CUBASOLAR*. [www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar39/HTML/Articulo02N.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar39/HTML/Articulo02N.htm), Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). La Habana. Cuba

Giraudy, A. C. M., Rodríguez, G. M., Massipe, C. I., Vázquez, P. A., & Rodríguez, R. R. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética*, Vol. XXXV, No. 2/ 2014 Mayo/ Agosto , ISSN 1815 -5901.

Hernández, C. J. C., Vázquez, P. A., Rodríguez, G. M., Martínez, G. A. A., & Torres, B. O. E. (2017). Use of Small Wind Turbines in Isolated Areas Social Impact. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>, Vol. 3 Issue 2, March 2017, ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 5.211 | Thomson Reuters: K-4290-2016: <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v3i2.415>, 84~90.

Intriago, C. Gabriela, & Salvatierra Ch Susana. (2015). "Implementación de tecnología fotovoltaica conectada a la red para suministrar energía eléctrica al segundo y tercer piso del edificio n° 3 de docentes a tiempo completo de la Universidad Técnica de Manabí, el ahorro y la eficiencia energética". Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, Disponible en el repositorio de la biblioteca de la Universidad Técnica de Manabí.

(Álvarez, P. E, 2020). Energía y Cambio Climático. *Real Academia de Ingeniería*. [https://issuu.com/raing/docs/energ\\_a\\_y\\_cambio\\_clim\\_tico.\\_format](https://issuu.com/raing/docs/energ_a_y_cambio_clim_tico._format)

Medveczky, O. D., & Ochoa, C. J. (2012). Tesis previa a la obtención de título de ingeniero eléctrico. Universidad de Cuenca.

REN 21. (2015). Reporte de la situación mundial de las energías renovables 2015. Hallazgos claves 2015. Renewable energy polici network. ISBN 978-3-9815934-7-1.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Castro, F. M., & Vilaragut, L. M. (2012). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Revista Energética. Ingeniería Energética. versión On-line* ISSN 1815-5901, vol.34 no.3 La Habana sep.-dic. 2013.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Castro, F. M., & Vilaragut, L. M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Revista: Ingeniería Energética. versión On-line* ISSN 1815-5901, *Energética* vol. 34 no.3 La Habana sep.-dic. 2013.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Saltos, A. W. M., & Castillo, J. W. C. (2016). Sustainable Transformation of Energy Matrix. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)* Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>, Vol. 2, Issue 9, September 2016; ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 3.605 I Thomson Reuters: K-4290-2016 : <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v2i9.231> <http://orcid.org/0000-0001-9998-6145>, 28~33.

Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., Sarmiento, S. A., & Millet, R. Z. (2017). Renewable Energy Sources and Local Development. *International Journal of Social Sciences and Humanities*. Available online at <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijssh>. e-ISSN: 2550-7001, p-ISSN: 2550-701X, Vol. 1 No. 2, August 2017, pages: (10~19).

Saltos, A. W. M., Intriago, C. G., Salvatierra, C. S., Vázquez, P. A., & Rodríguez, G. M. (2017). Microgrid With a 3.4 kWp Photovoltaic System in the Universidad Técnica de Manabí. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*. Available online at <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijpse>. ISSN : 2550-6943, p-ISSN : 2550-6951. <http://dx.doi.org/10.21744/ijpse.v1i2.34>, Vol. 1 No. 2, August 2017, 11~20.

Saltos, A. W. M., Rodríguez, G. M., Vázquez, P. A., & Castro, F. M. (2016). Microgrids Views from a Geographic Information System. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>. ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 3.605 I Thomson Reuters: K-4290-2016. <http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v2i11.308>. <http://orcid.org/0000-0002-4123-2823>, Vol. 2, Issue 11, November 2016, 51~57.

Sarmiento, S. A. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica. Temas seleccionados*. Editorial Academia., Editor 2013: Empresa de Gestión del Conocimiento y la Tecnología, Gecyt. Cuba.

Sarmiento, S. A., Castillo, C. O., Rodríguez, G. M., & Vázquez, P. A. (2014). Sistemas Integrados de energías con fuentes renovables, requisitos y opciones. *Ingeniería Energética*, Vol. XXXV, No. 1/ 2014 Enero/Abril ISSN 1815 - 5901, 71-78.

Schallenberg, Julieta & et al, (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. ISBN 978-84-69093-86-3, <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>.

SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades, 2013 Quito, Ecuador (primera edición). ISBN-978-9942-07-448-5. Disponible en: <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>.

Soto I E. (2005). *Celdas fotovoltaicas en la generación distribuida*. Santiago de Chile. Tesis Consultado diciembre 2015. <http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/pereda.pdf>, 7.

VALLS, XAVIER (2019). Pensilvania: el lugar donde nació el "oro negro". <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20191009/47853320440/oro-negro-petroleo-pioneros-estados-unidos.html>

Van, D. W. (2002). La cooperación transnacional, un instrumento al servicio del desarrollo rural. Cooperación internacional entre territorios rurales. Consultado diciembre 2017. Disponible en: <http://ec.europa.eu/agriculture/rur/leader2/rural-es/coop/coop1.pdf>.

Vázquez, P. A., Loo, C. G. A., Cuenca, A. L. A., & Hernández, C. J. C. (2016). The Regulatory Framework for Renewable Energy Sources. *International Research Journal of Management, IT & Social Sciences (IRJMIS)* Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjmis>, Vol. 3 Issue 11, November 2016, ISSN: 2395-7492 Impact Factor: 3.552 | Thomson Reuters: K-4291-2016: <http://dx.doi.org/10.21744/irjmis.v3i11.302> <http://orcid.org/0000-0001-9998-6145>, 7~19.

Vázquez, P. A., Rodríguez, G. M., Villacreces, V. C. G., & Velez, Q. A. M. (2017). Community Power as a Driving Force for Sustainable Local Development. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS)*. Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>. ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 5.211 | Thomson Reuters: K-4290-2016, Vol. 3 Issue 4, July 2017, 7~17.

# DESECHOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR, GENERACIÓN DE ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE: SUS IMPACTOS

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**María Rodríguez Gámez**

<https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

**Telly Yarita Macías Zambrano**

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Carmen Liliana Mera Plaza**

<https://orcid.org/0000-0002-0176-7727>

**Alfredo Javier Carvajal Rivadeneira**

<https://orcid.org/0000-0003-2750-4113>

**Víctor Manuel Delgado Sosa**

<https://orcid.org/0000-0002-0757-4483>

**Doris Marlene Sancán Murillo**

<https://orcid.org/0000-0003-2811-1899>

## SUGARCANE WASTE, ENERGY GENERATION AND THE ENVIRONMENT: ITS IMPACTS

**RESUMEN:** La caña de azúcar ha sido el sustento económico de muchos países, no solo en la producción de azúcar, sino también en la generación de energía eléctrica con

residuos, la producción de tableros, y otros productos. El cantón Junín de la provincia de Manabí, es uno de los mayores productores de productos derivados de esta gramínea; pero sus los procesos productivos, hoy tienen dificultades el objetivo de la investigación es hacer una valoración de los procesos de contaminación y como proponer el uso adecuado de los residuos para lograr un beneficio sustentable en la ambiental, económico y social en el territorio, mediante la obtención de biocombustibles y la generación de electricidad. Se obtuvo como resultado, que se pueden aprovechar los residuales procedentes de la producción de los derivados de la cosecha de la caña mediante la implementación de tecnologías para la producción térmica, biocombustibles y electricidad, logrando mejorar las condiciones de vida de los pobladores, disminuir la contaminación ambiental y tener mejores resultados económicos.

**PALABRAS CLAVES:** biocombustibles, contaminación, energía eléctrica, industrialización, medio ambiente, residual.

## 1 | INTRODUCCIÓN

Estimaciones del World Energy Outlook (WEO, 2017), sobre el panorama energético mundial con proyección a 2040, plantea que entre 1940 a 2016 la demanda de energía en el mundo, creció en un 60 %, estimándose una tendencia al incremento sostenido hasta el año 2040, debido especialmente al crecimiento exponencial de la industria, crecimiento poblacional, uso de tecnología, consumismo de la sociedad y aumento de la contaminación ambiental, en muchos casos aumentando la huella del carbono.

Otro informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA), pero del año 2018, (WEO, 2018) enfatiza que la participación de la electricidad en el uso mundial de la energía está creciendo, mientras que el aumento de las tecnologías bajas en carbono está provocando una gran transformación en la forma en que se genera la electricidad.

En otra publicación de la propia IEA en el año 2019 (WEO, 2019), se expone que el análisis energético indica la necesidad de cambios rápidos y generalizados. Las decisiones tomadas por los gobiernos siguen siendo críticas para el futuro del sistema energético. Se enfatiza que la demanda de energía crecerá un 1,3% anual hasta 2040. Eso llevará a tensiones en todos los aspectos de los mercados energéticos y un fuerte crecimiento de las emisiones relacionadas con la energía.

Una investigación realizada en España en el año 2019 sobre la producción de energía a partir de residuos de biomasa y un diagnóstico de estos recursos disponibles en Iberoamérica, concluyen que los recursos biomásicos tienen un amplio potencial, sin embargo, existe incertidumbre sobre la disponibilidad actual y futura de biomasa apta para uso energético, dependiendo de decisiones político-normativas ya que, la bioenergía debe competir en un mercado abierto contra energías fósiles (Hidalgo et al., 2018).

Las energías renovables desde hace varios años han venido a dar un toque verde al proceso de generación con el objetivo de mitigar los efectos negativos al ambiente (Alvares, 2016), a pesar de los esfuerzos que se han venido realizando aún hay mucho que hacer fundamentalmente en la educación ambiental a la sociedad.

En Cuba, se realizó un estudio técnico-económico para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa agroindustrial, (Sardiñas, González, & Freide, 2017). El diagnóstico técnico de la instalación existente permitió determinar los puntos débiles del proceso, concluyendo en la evaluación económica, que la mejor alternativa es generar electricidad aprovechando todos los residuos de la caña de azúcar.

En Guatemala, según, se investigó el potencial de los residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar, para ser utilizados como biocombustible, valorando la cantidad de los restos que quedan después de las cosechas de caña, pudiendo estos transformarse



en biocombustibles rentables, sostenibles y servir de autoconsumo para generación de energía (Muñoz, 2017).

En Argentina se acaba de presentar a la Cámara Baja, una iniciativa para que se aplique al gasoil y naftas convencionales, la mezcla con biodiesel, en un porcentaje del diez por ciento como mínimo de este último y 15% de bioetanol medido sobre la cantidad total del producto. Se pretende modificar la actual Ley 26.093, de Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles, buscando la promoción del uso de biocombustibles para el desarrollo de las economías regionales y el alto impacto que de ello se deriva para el mantenimiento y promoción de empleos genuinos para la población (World Energy Trade, 2020).

En Ecuador la biomasa es una fuente de energía abundante, pero poco explotada según plantearon investigadores de la Universidad de Cuenca (Peláez, y otros, 2015). En 1a muestra estadísticas de la producción de energía primaria en el año 2013. Se observa que apenas 1.7 % de la energía producida en el país.

Hasta el 2015, el país era un referente internacional (ARCONEL, 2015); con la introducción del 51 % de energía renovables, aunque el panorama no ha cambiado mucho, aún existen comunidades aisladas en la actualidad que presentan diferentes dificultades en el servicio eléctrico (Rodríguez, Vázquez, Vélez, & Saltos, 2018), otras aún están sin electrificar.

La dificultad fundamental es, que no se ha aprovechado los pequeños potenciales que existen cerca de esas comunidades aisladas, que podrían utilizarse en forma de generación distribuida para resolver los problemas de la calidad de energía y en otros casos los problemas de electrificación aislada. Los residuales en pequeñas cantidades de la cosecha de la caña de azúcar, pueden utilizarse para producir energía y apoyar el cambio de matriz energética (Macías, Vázquez, Rodríguez, & Hidalgo, 2018) y a su vez ayudar a la disminución de la contaminación ambiental que se produce al suelo, con el vertimiento de muchos de estos residuales.

Las medidas de protección ambiental, son necesarias para lograr un desarrollo sostenido, el aumento de la demanda energética contribuye a la contaminación atmosférica, suelo, agua, erosión, entre otros problemas ambientales (Andrade, 2015).

Algunas universidades, se preparan para enfrentar este reto, desde las aulas preparando a los estudiantes a ser capacitadores en las comunidades para que estos comprendan la necesidad de aprovechar los residuales y disminuir la contaminación (Vázquez, Rodríguez, Vélez, & Villacreses, 2018).

Existe residual orgánico procedente de la pequeña industria del azúcar, que pueden ser utilizados en la generación de energía, por encontrarse cultivada en extensas zonas. Según expone (Herrera, 2015), a pesar de que son terrenos irregulares y no se utilizan maquinarias en el proceso. Otros estudios realizados por otras investigadoras han tenido en cuenta los enfoques de producción más limpia; pero no han logrado establecer indicadores que evalúen el consumo de agua energía, las emisiones y los residuos producidos en el proceso (Carreño & Palacio, 2012). Este residual puede ayudar a afrontar los problemas del calentamiento global.

En Ecuador, aproximadamente 196.000 viviendas, no tienen electricidad en el país, donde 54.000 están en zonas urbanas y 142.000 en zonas rurales (Gomelsky, 2013) De igual manera, en el cantón Junín el panorama no se presenta distinto, las viviendas sin ningún tipo de servicio eléctrico representando el 2.2% del total en el área urbana, el 10.5% de las viviendas rurales (SGR, 2016).

Debido a la explotación indiscriminada de los recursos naturales, se presenta un agotamiento de los mismos, situación que invita a la reflexión para ocuparse en la obtención de otro tipo de energía, que sea funcional, económica, renovable, amigable con el ambiente, que llegue especialmente a las comunidades rurales, que son las que más padecen la falta de energía y son las que tienen el recurso natural en sus manos, lo que no conocen como utilizarlos.

En el cantón Junín, una parte importante de sus habitantes se dedica a la agricultura, el 76,6% de su población reside en el área rural, tienen problemas con el acceso a la energía convencional, no cuenta con ningún sistema de energía renovable que aporte al desarrollo sostenido de sus habitantes, ni que sustituya las plantas de combustible fósil por biocombustibles, que puede producirse con el residuo de sus producciones (Hidrovo & Valverde, 2020).

En el Ecuador, se realizó un análisis técnico económico de la generación de energía eléctrica con combustible no convencional (bagazo de caña de azúcar), en el ingenio La Troncal, (Castro, Robalino, & Mendoza, 2006), concluyeron que en el país existe potencial para producir energía limpia, existiendo 3 grandes ingenios que pueden aprovechar el bagazo de la caña para generar electricidad, siendo el único requisito ampliar sus instalaciones para producir energía con el bagazo.

En la Universidad de Guayaquil, se estudió el sistema de cogeneración a partir de biomasa en los ingenios azucareros (Aguirre, 2015), además se expusieron las ventajas y desventajas de éstos, los elementos, maquinaria y tecnología que este tipo de generación

de energía necesita para funcionar; para obtener 1 Mega Watt (MW) de energía eléctrica y con esto saber el impacto ambiental y su eficiencia.

En la provincia de Manabí, se analizó el aprovechamiento del residuo del bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), para la obtención de energía, en el sitio Agua Fría, Junín (Intriago & Sabando, 2017). Ellos obtuvieron como resultado de investigación, que en la zona de estudio se generan un aproximado de 1765 kilogramos (kg) de residuos, no existiendo métodos de innovación para mejorar el proceso o el aprovechamiento de estos residuales de bagazo de caña.

En el cantón Junín, (Carreño & Palacios, 2012) se han realizado otras investigaciones en la cadena de valores de la caña de azúcar, donde verificaron los elementos críticos en cada eslabón de la cadena, donde formularon una propuesta de metodología de producción más limpia en los procesos productivos.

Aspectos relacionados con los factores de la intensidad energética para los sectores de uso final de la economía ecuatoriana fueron estudiados (Vallejo, 2017), donde sugirió que el incremento en la productividad energética podría reducir el inminente crecimiento en la demanda de energía, aplicando tecnologías eficientes adecuadas.

En Ecuador se ha trabajado en el marco jurídico para la introducción de las fuentes renovables de energía donde se han propuestos diferentes acciones (Vázquez, Loor, Cuenca, & Hernández, 2016); otros autores plantean la urgencia de poner normativa que regulen las políticas energéticas y las demás interacciones que se producen en las mismas (Correo, Gónzales, & Pacheco, 2016).

El objetivo de la investigación fue analizar la forma de aprovechar los residuos de la producción de azúcar para producir energía y valorar los aportes positivos que tienen al ambiente, además del impacto social que se reportaría para la sostenibilidad de la zona.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un inventario georreferenciado de los productores de derivados de la caña de azúcar en el cantón Junín, para conocer como estaban distribuidas las parcelas de cultivo, además se inventariaron las pequeñas industrias y se aplicó una encuesta para determinar los sitios donde se depositaban los residuales, además de saber el grado de conocimiento que tienen los agricultores sobre la contaminación ambiental y el uso final que pueden tener los residuos, para ello se aplicó la ecuación de Larry Murray (Murray & Stephens, 2005), para muestras infinitas, como se muestra en la ecuación (1), donde se obtuvo que la muestra (n) fue de 391 agricultores que fueron los encuestados.

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} \quad (1)$$

Donde:

N → población 19.000

n → tamaño de la muestra

E → Error admisible de la muestra (5%)

### 3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Ecuador se diseñó una estrategia, para lograr el cambio de matriz productiva que estaba acompañado de una nueva proyección de la matriz energética, esta estaría encaminada a la rectoría por el estado del desarrollo de los sectores estratégicos, impulsando la implantación de nuevos proyectos y nuevas tecnologías, con el propósito de diversificar la matriz energética (Correa, González, & Pacheco, 2016). En esta estrategia se tenía en cuenta la exportación de energía; pero lo prioridad estaba relacionado con apoyar el sector productivo; pero no tuvieron en cuenta el aprovechamiento de los pequeños potenciales en forma de generación distribuida (Rodríguez, Vázquez, Saltos, & Ramos, 2017).

Existen diferentes proyectos a nivel de país, para utilizar la biomasa con fines energético, el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), investiga fundamentalmente con la basura, la Corporación para la Investigación Energética tiene una planta de biocombustible de gasificación de residuos de la palma africana, arroz y café. El Centro Neotropical de la Pontificia Universidad Católica, trabaja con recursos para Etanol, el Laboratorio para termo valorización de biomasa y residuos sólidos urbanos; también se investiga en la producción de hidrógeno, a partir de biomasa residual de la producción de banano y se indaga la producción de biocombustibles a partir de micro algas (EOI, 2017).

Existen diferentes formas de generación de energía, para potenciar los sistemas que presentan baja calidad del servicio o para zonas aisladas donde la generación distribuida con fuentes renovables de energía, juega un rol significativo, pues disminuye el uso de combustibles fósiles, la contaminación ambiental y el aprovechamiento de residuales de las pequeñas industrias (Macías, Vázquez, Rodríguez, & Hidalgo, 2018), que pueden ser estudiadas y explotadas.

El cantón Junín, es territorio totalmente agrícola, es uno de los mayores productores de caña de azúcar de la provincia de Manabí, según plantean expertos el 87 % de su población está vinculado a la obtención de diferentes productos derivados de esa planta

(Sumba, Moreira, & Calderon, 2019), según los autores se cosecha gran cantidad de caña de azúcar, existiendo pequeñas y medianas industrias procesadoras de subproductos que abastecen la provincia; pero los residuales que producen en su proceso como es el bagazo y el mosto de la producción son vertido al suelo, o quemados provocando niveles de contaminación al ecosistema.

El cantón dedica a la producción de caña de azúcar 435 hectáreas, que es aproximadamente el 40% de la producción total de Manabí, lo más destacado es que no se queda solo como productor de la caña para comercializarla en las grandes fábricas de azúcar, sino que sus habitantes se han dedicado a su industrialización, en gran parte de manera artesanal, siendo un ingreso significativo para la economía de la provincia.

La investigación realizada recomienda como los residuos provocados por las cosechas y las pequeñas industrias provocan un impacto al no dar una adecuada gestión. La metodología empleada para el análisis estuvo relacionada con las visitas de campo realizadas en un proyecto de investigación, obteniéndose como resultado que se vierte al suelo gran cantidad de bagazo, o se queman provocando contaminación que afecta al ecosistema del territorio.

Los residuos, bagazo o biomasa proveniente de la caña de azúcar tienen potencial para producir energía sostenible en la figura 1, se muestran los inventarios realizados a las pequeñas industrias productoras de derivados de la cosecha de caña. Se pudo constatar que la mayor cantidad de la industrialización de la caña de azúcar se ubica en el sitio agua fría del cantón Junín, debido especialmente a que la mayor producción de caña de azúcar se encuentra ubicada en esa área en específico.

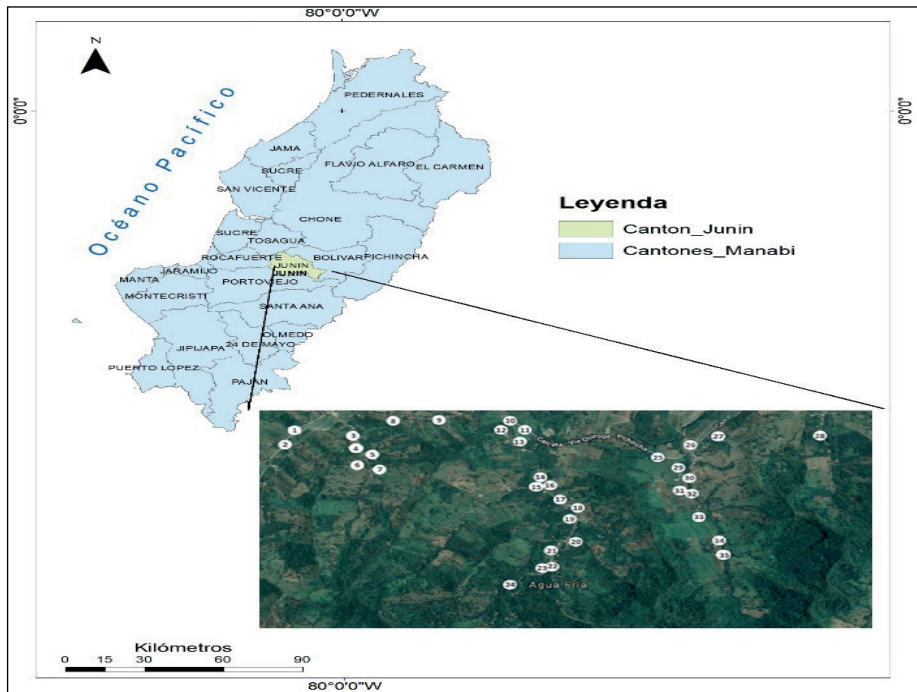


Figura 1. Ubicación de pequeñas industrias de derivados de la caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia (Hidrovo & Valverde, 2020)

En la imagen dentro del mapa se muestra los sitios de 35 pequeños productores que fueron inventariados, que tienen pequeñas industrias de derivados de la caña de azúcar, ubicados fundamentalmente en el sitio agua fría donde están los mayores productores.

Las tecnologías que utilizan en las pequeñas industrias son obsoletas y contaminadoras, como se puede observar en la figura 2, manipulan generadores Diésel para electrificar los pequeños trapiches, contaminando el aire con sus emisiones y el suelo las grasas del combustible al depositarse en el suelo cuando viene el invierno, filtran al manto freático contaminando los ríos.



Figura 2. Generadores diésel utilizados en las pequeñas industrias.

Muchas de estas comunidades no reciben el servicio eléctrico o presentan mala calidad de energía por encontrarse alejados de la red; si se utilizarán los residuos procedentes de la cosecha como el bagazo, se podrían diseñar pequeñas bioenergías o con los residuales líquidos para la producción de biogás, logrando mejor la calidad de vida de los productores y con ello los beneficios colaterales al ambiente y la economía.

En la figura 3, se observan los residuales procedentes de la recolección y proceso industrial de la caña de azúcar.

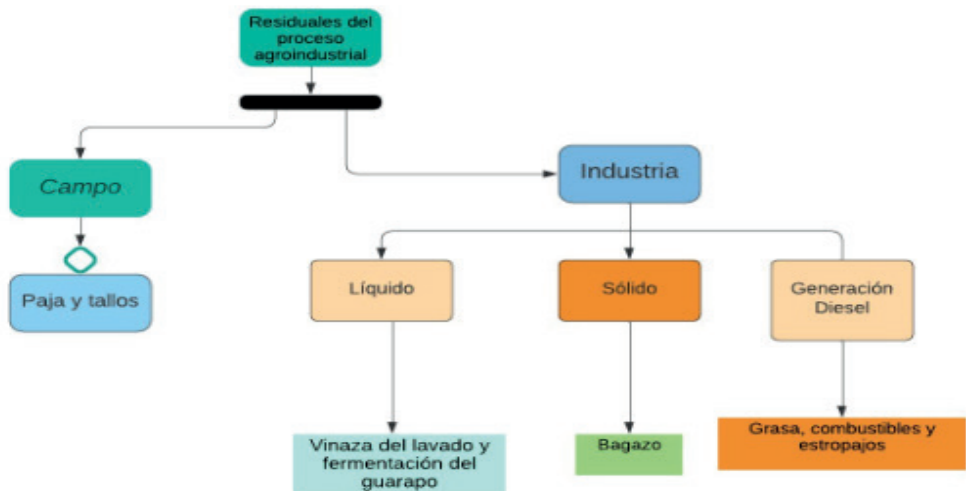


Figura 3. Residual de la producción e industrialización de los derivados de la caña de azúcar.

Como se puede observar se derivan de la cosecha residual líquido y sólido que la mayoría de estos pueden aprovecharse mejorando el impacto económico, ambiental y social de los habitantes del sitio estudiado.

Se aplicó una encuesta a la población para conocer los impactos técnicos, económicos, ambientales y sociales de las tecnologías que pueden ser empleadas y sus ventajas. Se les consultó relacionado con el porqué cultivan la caña de azúcar y no otros cultivos. En la figura 4, se muestran los porcentajes de las respuestas obtenidas por los productores.



Figura 4. Razones de siembra de la caña de azúcar

El mayor valor obtenido corresponde a su fácil comercialización, luego le sigue la calidad de la tierra para la siembra del cultivo y otros respondieron, que siempre han sembrado esos cultivos. Las microindustrias producen los que más demanda tiene en el mercado como es el aguardiente puro de caña (puro), el aguardiente de menor calidad (currincho), la raspadura o panela, el alfeñique, mistelas, dulces varios y otros.

Se les consultó, si conocían que los residuales del proceso de producción afectaban el ambiente, donde la mayoría estuvo de acuerdo que se producen afecciones ambientales y que se deben proponer estrategias para su aprovechamiento, en la figura 5, se muestran las propuestas que hace la población encuestada para el aprovechamiento de los residuales.



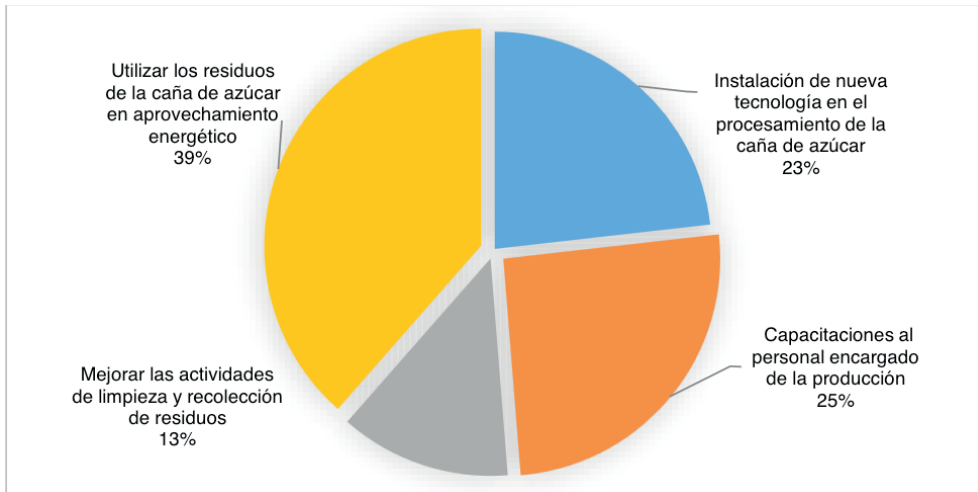


Figura 5. Propuestas para el aprovechamiento de los residuales y cultivo de la caña de azúcar.

Como se observa los mayores porcentajes están asociados a utilizar los residuos en el aprovechamiento energético, la capacitación del personal que labora en la producción y el mejoramiento de la tecnología entre otros.

El aprovechamiento de los diferentes tipos de residuales mejorará la economía de los productores al igual que los impactos al ambiente.

Los habitantes del cantón Junín, que elaboran aguardiente, panela, y alfeñique, pueden aprovechar el potencial que tiene el residual de la caña de azúcar, para la generación de calor, electricidad y combustible. La cogeneración permitiría obtener más rentabilidad, al disminuir los costos utilizados en la disposición de la biomasa y en la adquisición de combustibles fósiles y electricidad para alimentar calderas y mover motores. El proceso de cogeneración podría aportar significativamente al mejoramiento productivo.

Los resultados de las encuestas aplicadas a los habitantes del cantón Junín, por sus respuestas se pudo deducir una gran necesidad de la población de inversión en tecnologías, maquinarias, especialmente en la cadena productiva de la caña de azúcar, que emplea a gran cantidad de mano de obra local, pero que en su mayor parte son emprendimientos artesanales, porque tienen limitantes en los procesos, para mejorar la rentabilidad de sus emprendimientos.

La producción de los derivados de la caña de azúcar, al ser artesanales, quedan residuales altamente contaminantes, siendo necesario mejorar la sostenibilidad ambiental cumplimentando el aprovechamiento de los residuales que ofrecerá mejores oportunidades

laborales para los habitantes y así mejorar la rentabilidad en la fabricación de los derivados de la caña de azúcar.

## 4 | CONCLUSIONES

Los residuales de la recolección y procesamiento de la caña de azúcar pueden ser empleados como combustible para la cogeneración, permitiendo la autosuficiencia térmica y eléctrica en diferentes procesos productivos. Existen varias tecnologías que se pueden implementar, (producción térmica, biocombustibles y electricidad utilizando biomasa) y que ayudarían al aprovechamiento del residual de la caña de azúcar.

La biomasa resultante de los procesos productivos de la caña de azúcar, tienen elementos contaminantes para el medio ambiente, los productores deben invertir dinero para su disposición final. Su utilización en la generación de biocombustible o electricidad forjaría una oportunidad de emplearla en la misma industria, mediante los procesos de cogeneración de combustibles, calor y electricidad; utilizando las biomásas residuales les otorgaría un valor agregado a desechos que generalmente no se le otorga ningún beneficio, además abarataría costos en inversión de combustibles, electricidad, logrando impactos sociales, económicos y ambientales.

## REFERENCIAS

Aguirre, J. (2015). *Estudio del sistema de cogeneración a partir de biomasa en los ingenios azucareros*. Trabajo de titulación, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Guayaquil, Guayas, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/4743>

Alvares, P. (2016). Energías renovables y medio ambiente. *Revista científica Universidad y Sociedad*, 8(3). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus24316.pdf>

Andrade, M. (2015). *incidencia de actividades productivas del cultivo de la caña de azúcar en la calidad ambiental del suelo, sitio Soledad Cantón Junín*. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Medio Ambiente, Calceta, Manabí, Ecuador., de <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/227/TMA74.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARCONEL. (2015). *Ecuador posee un 51,78% de energía renovable*. Estadísticas de ARCONEL, Agencia de Regulación y Control de la electricidad (ARCONEL), Quito. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>

Carreño, J., & Palacio, N. (2012). La cadena de valor en la producción de la caña de azuca en el conton Junin. *ECA Sinergia*, 3(1), 5. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6197564>

Carreño, J., & Palacios, N. (2012). La cadena de valor en la producción de la caña de azúcar en el cantón Junin. *ECA Sinergia*, 3(1), 6-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6197564>

Castro, A., Robalino, Y., & Mendoza, M. (2006). *Análisis técnico-económico de la generación de energía eléctrica con combustible no convencional (bagazo de caña) en el ingenio la troncal*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/3112/5629.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Correa, P., González, D., & Pacheco, J. (2016). Energías renovables y medioambiente. Su regulación jurídica en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3). Recuperado el 26 de enero de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000300024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300024)

Correo, P., Gónzales, D., & Pacheco, J. (2016). Energías renovables y medio ambiente: Su regulación jurídica en el Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2218-36202016000300024&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202016000300024&lng=es&nrm=iso)

EOI. (2017). *www.eoi.es*. <https://www.eoi.es/blogs/merme/biomasa-en-el-ecuador/>

Gomelsky, R. (2013). *Evaluación rápida y análisis de brechas en el sector energético*. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Quito, Ecuador: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)., de [https://www.seforall.org/sites/default/files/Ecuador\\_RAGA\\_ES\\_Released.pdf](https://www.seforall.org/sites/default/files/Ecuador_RAGA_ES_Released.pdf)

Herrera, M. (2015). *Factores limitantes para el para el incremento de la producción de caña de azúcar en el cantón Junín, de la provincia Manabí*. Informe de proyecto de investigación, Gobierno Provincial de Manabí, Fomento productivo, Portoviejo. Recuperado el 5 de febrero de 2020, de <https://docplayer.es/70982344-Gobierno-provincial-de-manabi-informe-proyecto-investigacion.html>

Hidalgo, D., Antolín, G., Alvarellos, I. R., Martín, J., Corona, F., Arueña, A., & Díez, D. (2018). *Producción de biometano para combustible de transporte a partir de residuos de biomasa*. CITED. Biometrans. [http://www.cytod.org/sites/default/files/tarea\\_1.\\_diagnostico\\_de\\_los\\_recursos.pdf](http://www.cytod.org/sites/default/files/tarea_1._diagnostico_de_los_recursos.pdf)

Hidrovo, A., & Valverde, C. (2020). *Gneración de energía eléctrica con residuos de la caña de azúcar en el cantón Junín*. Universidad Técnica de Manabí, Carrera de Ingeniería Eléctrica. Portoviejo: Repositorio de la Biblioteca Central.

Intriago, G., & Sabando, T. (2017). *Aprovechamiento del residuo del bagazo de la caña de azúcar (shaccharum officinarum), para la obtención de alcohol, sitio Agua Fría, Junín*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manuel Félix López, Carrera de Medio Ambiente, Calceta, Manabí, Ecuador., de <http://repositorio.espa.edu.ec/handle/42000/674>

Macias, J., Vázquez, A., Rodríguez, M., & Hidalgo, R. (2018). Renewable energy source on the change of energy matrix in Manabí Province. *Revista Internacional de Investigación de Ingeniería e Investigación Científica*, 4(4), 17-29. Recuperado el 10 de marzo de 2020, de <https://www.neliti.com/publications/280573/renewable-energy-sources-on-the-change-of-energy-matrix-in-manabi-province>

Macias, J., Vázquez, A., Rodríguez, M., & Hidalgo, R. (2018). Renewable Energy Sources on the Change of Energy Matrix in. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 4(4), 17~29. doi:<http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v4n4.255>

Muñoz, M. (2017). *Potencial de residuos agrícolas de cosecha de la caña de azúcar, como un biocombustible*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación, Guatemala. Recuperado el 15 de marzo de 2020, de <https://www.researchgate.net/publication/320087116>

Murray, R., & Stephens, E. (2005). *Estadística. Serie Schaum- 4ta edición*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/63022012/estadistica-serie-schaum-4ta-edicion-murray-r-spiegelpdf-1>

Peláez, M., García, M., Barriga, A., Martí, J., Montero, A., & Garcia, J. (2015). *Estado de uso de de la biomasa para la producción de bioenergía biocombustibles y bioproductos en el Ecuador* (Vol. 1). Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de <https://www.researchgate.net/publication/286756139>

Rodríguez, M., Vázquez, A., Saltos, W., & Ramos, J. (2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador. *REVISTA RIEMAT*, 2(2). doi:DOI: <https://doi.org/10.33936/riemat.v2i2.1143>

Rodríguez, M., Vázquez, A., Vélez, A., & Saltos, W. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas. *Revista Científica*, 33(3), 265-274. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.13104>

Sardiñas, A., Gonzalez, V., & Freide, M. (2017). Aprovechamiento de las posibles fuentes de biomasa para entregar más electricidad en la fábrica de azúcar antonio sánchez. *Centro azucar*, 44(4). Recuperado el 10 de febrero de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612017000400009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000400009)

SGR. (2016). *Informe de situación No. 28 (20/04/2016) 8h30. Terremoto 7.8 ° Muisne*. Secretaria de Gestión de Riesgos, Equipo Técnico. Quito, Ecuador: COE Nacional . Recuperado el 21 de enero de 2020, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Informe-de-Situacion-C3%B3n-28.-20-04-2016-0830.pdf>

Sumba, E., Moreira, J., & Calderon, G. (2019). Sugar Cane and Its Environmental Impact in Conton Junin, Province of Manabí. *International Journal of Life Sciences*, 3(2), 1-7. doi:DOI: <https://doi.org/10.29332/ijls.v3n2.286>

Vallejo, C. (2017). Análisis de intensidad energética para los sectores de uso final de la economía ecuatoriana. *Cuestiones Económicas*, 27(2:2), 42-69. Obtenido de <https://vlex.ec/vid/analisis-intensidad-energetica-sectores-738226593>

Vázquez, A., Loor, A., Cuenca, A., & Hernández, J. (2016). El marco regulatorio para las fuentes de energía renovables. *International Research Journal of Management*, 3(qq), 8-21. Obtenido de <https://soap.org/journals/index.php/irjmis/article/view/421>

Vázquez, A., Rodríguez, M., Véliz, V., & Villacreses, C. (2018). Sustainable Development Seen from Environmental Training. *International Journal of Life Sciences*, 2(1), 12~20. doi:<http://dx.doi.org/10.29332/ijls.v2n1.75>

WEO. (2017). *Un mundo en transformación. Cambios globales en el sistema energético*. Informe emblemático, World Energy Outlook, IEA. Recuperado el 9 de febrero de 2020, de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/PRIMERA%20NOTA.pdf>

WEO. (2018). *Perspectivas energéticas mundiales*. Agencia Internacional de Energía (IEA), World Energy Outlook. OECDilibrary. Recuperado el 3 de marzo de 2020, de [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2018\\_weo-2018-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-outlook-2018_weo-2018-en)

WEO. (2019). *El World Energy Outlook 2019, de la IEA, aborda las disparidades del sistema energético global*. Agencia Internacional de Energía, World Energy Outlook. EnergyNews. Recuperado el 4 de marzo de 2020, de <https://www.energynews.es/el-world-energy-outlook-2019-de-la-iea-aborda-las-disparidades-del-sistema-energetico-global/>

World Energy Trade. (2020). *Argentina busca incentivar el uso de biocombustibles para el desarrollo de la economía*. Buenos Aires. Recuperado el 15 de febrero de 2020, de <https://www.worldenergytrade.com/index.php/m-news-alternative-energy/97-news-biomasa/6708-argentina-busca-incentivar-el-uso-de-biocombustibles-para-el-desarrollo-de-la-economia>

# TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L) PARA LA GENERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE Y DETERMINACIÓN DE COSTOS

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Telly Yarita Macías Zambrano**

<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Tanya Beatriz Bravo Mero**

<https://orcid.org/0000-0002-3437-8584>

**Verónica Dolores Palma Mendoza**

<https://orcid.org/0000-0003-0277-2242>

**Rosa Delfina Giler Giler**

<https://orcid.org/0000-0002-3703-2773>

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**

<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Verónica Del Pilar Zambrano Burgos**

<https://orcid.org/0000-0003-2128-3823>

**Magda Francisca Cejas Martínez**

<https://orcid.org/0000-0002-0618-3608>

TRANSESTERIFICATION OF  
VEGETABLE OIL OF HIGUERILLA  
(*Ricinuscommunis* L) FOR BIOFUEL  
GENERATION AND COST  
DETERMINATION

**RESUMEN:** El escaso aprovechamiento de los recursos naturales que se poseen,

lo cual implica la flora endémica (arbustos, hierbas, etc.) y desechos de la producción (hojarasca, diversas fibras vegetales, estiércol de ganado, de aves de corral, etc.), las cuales son apiladas para posteriormente ser quemadas ocasionando consecuentemente contaminación al medio ambiente, son algunos de los problemas que se generan a nivel de finca. El objetivo de la investigación consistió en generar biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de sodio y aceite de higuierilla en la finca Mis 2 Principitos de la Comuna el Limón, cantón Portoviejo. Dentro de la metodología para producir biodiesel o biocombustible mediante el proceso de transesterificación se utilizó el aceite de ricino obtenido de la semilla de higuierilla, el metanol (alcohol metílico) e hidróxido de potasio (KOH) (ácido o catalizador). Mediante la transesterificación en el que se utilizó 0,001 m<sup>3</sup> de aceite de ricina, 0,0001 m<sup>3</sup> de metanol y 0,01 Kg de hidróxido de potasio en condiciones de temperatura aproximada de 60°C y 40 rpm de agitación en la plancha agitadora, se obtuvo como resultado 0,001 m<sup>3</sup> de biodiesel. Se puede generar biodiesel a partir del aceite de higuierilla o ricino,

aprovechando una biomasa fuente de energía, que puede ser usada en motores de bombas para el riego en fincas.

**PALABRAS CLAVES:** aceite vegetal; biocombustible; higuerrilla; metanol; transesterificación.

## 1 | INTRODUCTION

La energía renovable puede ser definida como “flujos energéticos que son repuestos al mismo ritmo al cual son utilizados” (Alexander, G. y Boyle, G., 2014). La energía obtenida de los continuos flujos energéticos que existen en el ambiente natural es lo que se conoce como energía renovable (Castro, 2011). Las energías renovables han venido utilizándose desde hace varias décadas sobre todo en las zonas rurales donde se ha palpado la carencia de la energía eléctrica para sus diversos usos, lo que ha hecho que para suplir esa necesidad el campesino deba utilizar combustibles como el diésel para alumbrar su hogar, para echar a andar motores y bombas de riego que se utilizan a diario en la agricultura.

La principal fuente primaria de casi todas las energías existentes en la tierra es la energía solar. El potencial de las fuentes renovables es gigantesco puesto que la energía existente en ellas puede cubrir varias veces la actual demanda de energía mundial (Kammen, 2014); Singh, 2016). De acuerdo a información obtenida de la (WEC, 2010) “La cantidad total de radiación que irradia el sol en la tierra en un año es 7500 veces mayor que el consumo energético mundial anual”. El cambio climático, el pico (o cénit) petrolero y la seguridad energética son las tendencias mundiales que empiezan a marcar el ritmo de la transición energética requerida para abastecer a la creciente demanda de energía mundial al tiempo que se abandona aquella que ha sido la principal fuente de energía hasta la actualidad: combustibles fósiles. Ante este reto, las tecnologías de fuentes de energía renovable están recibiendo fuertes incentivos y estímulos de desarrollo a nivel global.

Esto ha permitido que varias de ellas se vuelvan competitivas ante alternativas tradicionales de generación energética y empiecen a tener un despliegue y uso comercial, por ejemplo en la provincia de Manabí existen condiciones de radiación solar considerable para realizar inversiones que no contaminen (Rodríguez, 2018; Ermayanti et al., 2016).

En Ecuador, los últimos 25 años de inversión en fuentes de energía renovable han permitido reducciones de costos en valores del 40% en tecnologías relacionadas con biomasa, del 70% en geotermia y del 90% en energías eólica, solar fotovoltaica y solar térmica (Paredes, J. y Ramírez, J., 2017). Se considera que para que estas tecnologías tengan potencial para ser utilizadas en Ecuador se encuentren en la fase de despliegue y comercialización. Las energías renovables constituyen una alternativa práctica y amigable con el medio ambiente, sobre todo en los actuales momentos en que el planeta atraviesa

por cambios climáticos severos que afectan particularmente a los campos agrícolas y a los ecosistemas en general. De esta forma se ha venido impulsando además, la generación de biocombustible o biodiesel a partir de material biológico, como aceites vegetales, residuos de madera, estiércoles, etc. El biodiesel generado a partir de aceites vegetales libera menos cantidad de CO cuando es quemado por un motor y no genera los trióxidos de azufre (SO<sub>3</sub>), evitando así la lluvia ácida (Cornejo y Estrada, 2012; Vivas et al., 2017).

Una de las plantas utilizadas para la generación de biodiesel es la higuera (*Ricinus communis L.*) caracterizada por su gran tolerancia a la sequía, esta condición permite que el cultivo sea económicamente viable en ambiente semiáridos donde hay escasas de agua. La industrialización de la higuera origina como subproducto la pasta o llamada también torta, es rica en proteínas y puede ser utilizada en la restauración de suelos degradados, así mismo contiene productos que puede ser empleados para el control de nematodos en el suelo, debido a que contiene la proteína llamada ricina altamente toxica, esta se concentra en el endospermo de la semilla, permanece en la torta tras la extracción del aceite, cabe mencionar que esta proteína es soluble en agua.

La concepción actual de una finca productiva y sostenible propende a la utilización de fuentes de energía alternativa que coadyuven a la integralidad de la finca, aprovechando de mejor manera los desechos orgánicos que genera la producción agropecuaria en beneficio de la finca como tal. Las fincas agropecuarias tradicionales dedicadas a la producción de cultivos variados, a la cría de ganado vacuno y porcino, y aves de corral se encuentran diariamente con cierto volumen de residuos orgánicos como hojarasca, tallos, frutos caídos, secos y húmedos, estiércol de vacuno, porcino, aves de corral, etc. que constituyen un obstáculo para el agricultor en cuanto al tiempo y al dinero, ya que la manera en que se han venido manejando los residuos dentro de la finca es con el apilamiento y la quema (Macías, 2018).

Para aprovechar todos los desperdicios que se generan dentro de la finca se precisa la utilización de las fuentes de energía renovable, como la generación de biogás a partir de toda la biomasa recolectada, la instalación de paneles solares para aprovechar la radiación solar y la obtención de biocombustible a partir de la higuera que crece nativamente en gran parte de la finca. Desde el punto de vista ambiental, la utilización de energías renovables es una alternativa ante el costo de la energía eléctrica, ante el combustible derivado del petróleo, ante el gas licuado de petróleo para cocción de los alimentos y calefacción.

Una de las limitaciones más frecuentes que se da en la Finca Mis dos principitos es el escaso aprovechamiento de los recursos naturales que se poseen, lo cual implica la flora endémica (arbustos, hierbas, etc.) y desechos de la producción (hojarasca, diversas fibras vegetales, estiércol de ganado, de aves de corral, etc.), las cuales son apiladas



para posteriormente ser quemadas ocasionando consecuentemente contaminación al medio ambiente. La participación de las familias en las actividades cotidianas de la finca es fundamental para maximizar la productividad de la finca y minimizar los costos de producción, puesto que el pago en jornaleros llega a representar un gran porcentaje de los ingresos que pueden obtenerse de la venta de los productos agropecuarios, limitando el hecho de propender hacia una finca más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental; tendiendo además a afectar el bienestar y capacidad productiva de la tierra de la finca.

El objetivo de la presente investigación consistió en generar biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de sodio y aceite de higuera en la finca Mis 2 Principitos de la Comuna el Limón, cantón Portoviejo, determinando además, los costos de producción.

## 2 I MATERIALES Y MÉTODOS

Para producir el biodiesel o biocombustible mediante el proceso de transesterificación se utilizó el aceite de ricino obtenido de la semilla de higuera, el metanol (alcohol metílico) e hidróxido de potasio (KOH) (ácido o catalizador).

Material	Unidades
Aceite de ricino	0,001 m <sup>3</sup>
Metanol	0,0001 m <sup>3</sup>
Hidróxido de potasio	0,01 Kg

Tabla 1. Materiales utilizados en la obtención de biocombustible

Fuente: (Macías, 2018)

### 2.1 Proceso de transesterificación

El proceso de transesterificación es la reacción química de un alcohol, un aceite y un ácido o catalizador, lo cual significa que el glicerol contenido en el aceite de ricino es sustituido por el metanol ante la presencia del hidróxido de potasio (Cornejo y Estrada, 2012).

Para la transesterificación se utilizaron 0,001 m<sup>3</sup> de aceite de ricino, 0,0001 m<sup>3</sup> de metanol (10% del volumen total de aceite de ricino) y 0,01 Kg de hidróxido de potasio (1% del volumen total de aceite de ricino).

Se procede a mezclar el metanol con el hidróxido de potasio en una plancha agitadora utilizando un vaso de precipitación que contiene un agitador magnético. Se coloca

el metanol en el vaso y poco a poco se añade el catalizador, controlando la temperatura que no debe pasar los 80° C, durante 8 minutos aproximadamente, tiempo en el cual el hidróxido de potasio se ha diluido completamente. Inmediatamente se agrega el volumen de aceite de ricino a temperatura ambiente, graduando la plancha agitadora a 40 rpm para obtener una temperatura de 60°C.

Se controla que la temperatura no se eleve, hasta que finalice el proceso de transesterificación, observando que el color de la mezcla se mantenga en una tonalidad amarillo fuerte y su consistencia sea densa.

Cuando se alcanzaron estos indicadores, se retira la mezcla de la agitadora y se deja reposar la mezcla, la cual mediante decantación se procede a separar la glicerina del biocombustible.

El biodiesel o biocombustible B-100 extraído en el proceso de transesterificación se sometió a una práctica en un motor de 7 457 Watts, utilizando combinaciones de diésel y biodiesel en porcentajes del 5% y 20% de diésel para obtener biocombustible B-5 y B-20.

## 2.2 Producción de biodiesel tipo B-5

Para producir 0,001 m<sup>3</sup> de biodiesel del tipo B-5 se combina un 95% de diésel convencional y un 5% de biocombustible. Se toma 0,000050 m<sup>3</sup> de aceite de ricino y 0,000950 m<sup>3</sup> de diésel, se mezclan y se obtiene 0,001 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-5.

### Prueba en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-5 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,07 horas, alcanzando una temperatura de 136°C.

### Cálculo del volumen de B-5 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-5 que se requieren para echar andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación en base a la ecuación (1).

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,07 \text{ horas}} = 85,71 \quad (1)$$

$$85,71 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,08571 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,08571 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-5 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

### 2.3 Producción de biodiesel tipo B-20

Para elaborar 0,001 m<sup>3</sup> de biodiesel del tipo B-20 se combina 80% de diésel y 20% de biocombustible. Se toma 0,0002 m<sup>3</sup> de aceite de ricino y 0,0008 m<sup>3</sup> de diésel, se mezclan y se obtiene 0,001 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-20.

#### Prueba en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-20 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,123 horas, alcanzando una temperatura de 132°C.

#### Cálculo del volumen de B-20 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-20 que se requieren para echar a andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación empleando la ecuación (2).

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,123 \text{ horas}} = 48,78 \quad (2)$$

$$48,78 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,04878 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,04878 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-20 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

#### Prueba del B-100 en motor de 7 457 Watts

Se tomó una muestra de 0,0001 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-100 para echar a andar un motor de 7 457 Watts, controlando la temperatura y el tiempo en que fue consumido el biodiesel. El tiempo de consumo del biocombustible fue de 0,089 horas, alcanzando una temperatura de 167°C.

## Cálculo del volumen de B-100 para alimentar una bomba de 7 457 Watts durante 6 horas de riego

Para conocer el volumen en m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-100 que se requieren para echar andar una bomba a diésel de potencia 7 457 Watts, utilizada en la finca integral, se efectuó la siguiente relación:

$$\frac{6 \text{ horas}}{0,089 \text{ horas}} = 67,42$$

$$67,42 * 0,001 \text{ m}^3 = 0,06742 \text{ m}^3$$

El cálculo efectuado indica que se necesita un volumen de 0,06742 m<sup>3</sup> de biocombustible del tipo B-100 para poder regar durante 6 horas con una bomba de 7 457 Watts de potencia.

### 2.4 Cálculo de precios unitarios para la obtención de biocombustible

El cálculo de precios para la producción de biodiesel se detalla en la tabla 1 a continuación.

Equipos	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Costo Unitario	%
	A	B	C=A*B	D=C/R	
Herramientas menores (% MO)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 % uso de laboratorio	1,00	0,09	0,09	0,09	7,0%
			Parcial M	\$0,09	7,03%

Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Unitario	Costo Unitario	%
		A	B	C=A*B	
Aceite de ricino	L	1,000	1,00	\$1,00	78,1%
Metanol	cm <sup>3</sup>	10,000	0,02	\$0,16	12,5%
Hidróxido de potasio	G	1,000	0,03	\$0,03	2,3%
			Parcial O	\$1,19	92,97%

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		$Q=(M+N+O+P)$	\$1,28
COSTOS INDIRECTOS:			
Utilidad:	(Q) x	0,00%	\$0,000
Gastos Administrativos:	(Q) x	6,00%	\$0,077
Imprevistos:	(Q) x	3,00%	\$0,038
Impuestos +garantías	(Q) x	2,00%	\$0,026
Precio unitario total			\$1,42
Valor propuesto			<b>\$1,42</b>

Tabla 1. Cálculo de precios unitarios para la obtención de biodiesel

Nota. Elaboración propia.

### 3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el proceso de transesterificación en el que se utilizó 0,001 m<sup>3</sup> de aceite de ricina, 0,0001 m<sup>3</sup> de metanol y 0,01 Kg de hidróxido de potasio en condiciones de temperatura aproximada de 60°C y 40 rpm de agitación en la plancha agitadora, se obtuvieron 0,001 m<sup>3</sup> de biodiesel.

La tabla 2, muestra los elementos utilizados en el proceso de transesterificación.

Aceite de ricino (m <sup>3</sup> )	Metanol (m <sup>3</sup> )	KOH (Kg)	T (°C)	Agitación (rpm)	Biodiesel obtenido (m <sup>3</sup> )
0,001	0,0001	0,01	60	40	0,001

Tabla 2. Elementos para la transesterificación

Nota. Elaboración propia.

Para la generación 0,001 m<sup>3</sup> de biocombustible a partir del aceite de ricino se determinaron tres tipos de biodiesel. La tabla 3 muestra el volumen de aceite vegetal y diésel utilizado para producir 3 tipos de biodiesel.

Tipo de biodiesel	Aceite de Ricino		Diésel		Biodiesel obtenido (m³)
	(m³)	(%)	(m³)	(%)	
B-5	0,00005	5	0,00095	95	0,001
B-20	0,0002	2	0,00080	80	0,001
B-100	0,001	100	-	0	0,001

Tabla 3. Generación de biodiesel

Nota. Elaboración propia.

Los tipos de biodiesel obtenidos fueron probados en un motor de bomba para riego de 7457 Watts de potencia. La Figura 1, muestra la temperatura de fusión por tipo de biodiesel.

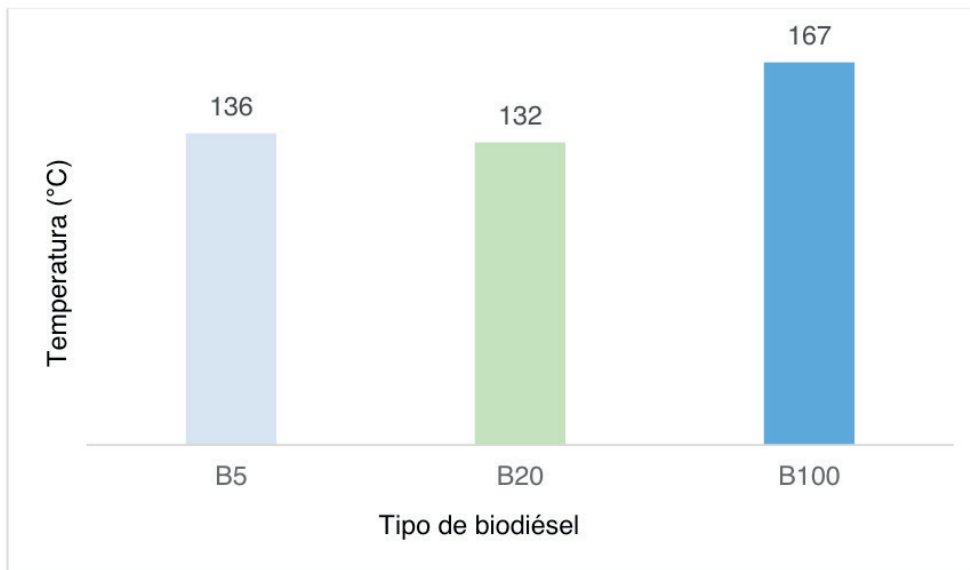


Figura 1. Temperatura de fusión por tipo de biodiesel

Se experimentó el tiempo de consumo con el mismo volumen de muestra y tipo de biodiesel, obteniéndose los resultados mostrados en la figura 2.

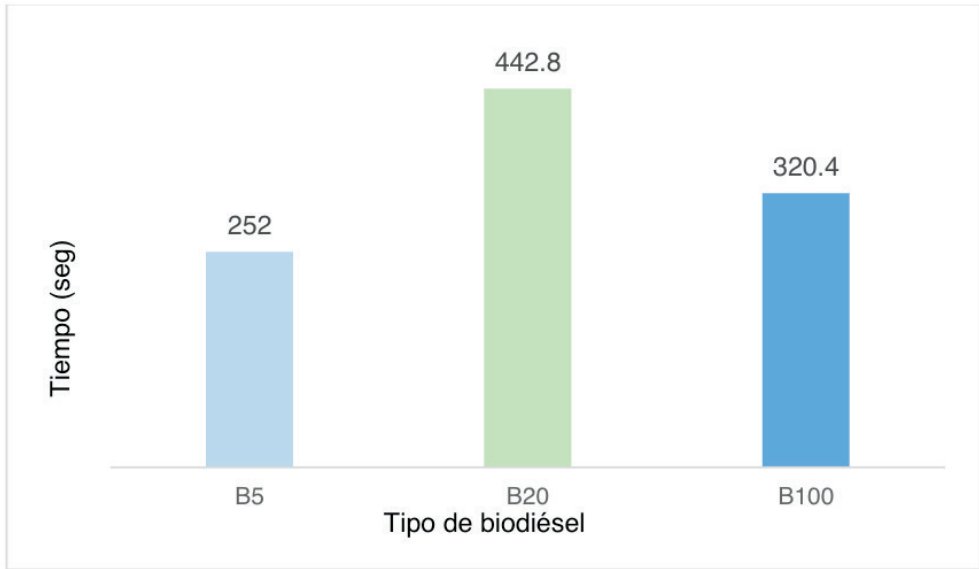


Figura 2. Tiempo de consumo por tipo de biodiesel

La tabla 4 detalla el volumen por tipo de biodiesel requerido para riego en un número de horas determinado con un motor de bomba para riego de 7457 Watts de potencia.

Tipo de biodiesel	Volumen (m³)	Tiempo (horas)	Volumen (m³)	Tiempo (horas)	Volumen (m³)	Tiempo (horas)	Volumen (m³)	Tiempo (horas)
B-5	0,02857	2	0,05714	4	0,08571	6	0,11428	8
B-20	0,01626	2	0,03252	4	0,04878	6	0,06504	8
B-100	0,02247	2	0,04494	4	0,06742	6	0,08988	8

Tabla 4. Requerimiento de biodiesel por horas de riego en un motor de bomba de 7457 Watts

Para instalar un sistema de biocombustible derivado de la mezcla de metanol, hidróxido de potasio y aceite de higuerilla en la finca Mis 2 Principitos, el cual se utilizará como biocombustible del tipo B5 (5% de biocombustible y 95% de diésel) que se utilizará en la puesta en marcha de dos bombas de 5 HP a diésel para el riego de 4 ha de cultivo de plátano y palma de coco se necesita de 60 lts de B5 al mes y de una inversión de USD\$1,62.

El presupuesto total para la obtención de biocombustible a partir de la transesterificación con los elementos indicados, el cual es de \$1,62 para producir 0,001 m³ de biodiesel o B-100.

Para producir 0,001 m<sup>3</sup> de B-5 y B-20 se aplica una regla de tres simple, al valor obtenido se le suma el precio del porcentaje a utilizar de diésel de acuerdo al tipo de biocombustible y se obtienen los siguientes costos como se muestra en la tabla 5.

Tipo de biodiesel	Precio (\$)						Total por tipo de biodiesel
	0,0005 m <sup>3</sup>	0,0002 m <sup>3</sup>	0,001 m <sup>3</sup>	0,00095 m <sup>3</sup>	0,0008 m <sup>3</sup>	0,001 m <sup>3</sup>	
B-5	\$ 0,08			\$ 0,025			0,11
B-20		\$ 0,32			0,021		0,34
B-100			1,62				1,62
B-0 (diésel)						0,26	0,26

Tabla 5. Precio de tipos de biodiesel por 0,001 m<sup>3</sup>

Nota. Elaboración propia.

Según el Manual de la (OLADE, 2014) sobre la generación de fuentes de energía renovables, en los países sureños de América se trabaja en la obtención de biocombustible a partir de la soja y en Bolivia se está experimentando con la obtención de etanol a partir de la caña de azúcar. Aunque se enfatiza en la seguridad alimentaria, es evidente que el propósito central del cultivo se enfoca hacia otro mercado, la producción de biocombustible, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

En el presente caso se ha generado biocombustible a partir de la higuierilla con una mezcla de metanol e hidróxido de potasio en los tipos B-5, B-20 y B-100. Los resultados obtenidos en la mezcla citada para obtener biocombustible, priorizan el aceite de ricino o higuierilla al ser una planta cuyos frutos tienen alto contenido de aceite vegetal de alto poder calorífico, la cual se siembra con el propósito expreso de utilizarla para la generación de biocombustible.

En la publicación de Benavides *et al.*, (2007) se encontró que biocombustible de aceite de higuierilla presenta excelentes propiedades de flujo a baja temperatura. Las pruebas en motor con mezclas biodiesel de higuierilla/diésel convencional, en el rango de proporciones de biodiesel ensayadas, muestran que a medida que se incrementa la proporción de biodiesel en la mezcla aumenta el consumo específico de combustible, mientras que el rendimiento efectivo y las emisiones de CO y CO<sub>2</sub> prácticamente permanecen constantes.

En el presente estudio se realizaron pruebas en motor de 7457 Watts de potencia, con tres tipos de biodiesel, en las cuales también aumentaba el consumo de combustible al aumentar la proporción de biodiesel, esto fue, al generar B-20, excepto cuando se probó con biodiesel al 100% B-100.



## 4 | CONCLUSIONES

Se logró generar biocombustible conocido como biodiesel en 3 tipos, B-5 constituido por un 95% de diésel y 5% de aceite de ricino; B-20 conformado por un 80% de diésel y 20% de aceite de ricino, y B-100 constituido del 100% de aceite de ricino, a partir de la mezcla de metanol, hidróxido de potasio y aceite de ricino o higuera.

Las condiciones que permiten obtener mejores rendimientos de biodiesel se obtuvieron con una muestra de 0,0001 m<sup>3</sup> del tipo B-5 a una temperatura de 136°C y un tiempo de consumo de 0,07 horas.

El biodiesel representa una ventaja económica y ambiental frente al diésel que es el combustible que tradicionalmente se utiliza en bombas para el riego en finca. La producción de 0,001 m<sup>3</sup> de B-5 tiene un costo de \$0,11 y de B-100 tiene un costo de \$1,62. Se debe almacenar el biocombustible aplicando las correspondientes normas de seguridad para que sea utilizado eficientemente y durante un corto tiempo.

## REFERENCIAS

Alexander, G. y Boyle, G. (2014). *Introducing renewable energy*. Cambridge: Oxford University Press.

Benavides, A.; Benjumea, P. y Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como alternativa en motores diesel. *DYNA*, 141-150.

Castro, M. (2011). *Hacia una Matriz Energética Diversificada en Ecuador*,. Quito: CEDA-IDRC.

Cornejo, M. y Estrada, O. (2012). *Caracterización de aceite de higuera de dos variedades silvestres para la producción de biodiesel en la región del Valle de Mezquital, Hidalgo*. Chihuahua-México: Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital .

Ermayanti, N. G. A. M., Oka, I. G. L., Mahardika, I. G., & Suyadnya, I. P. (2016). Free testosterone level and quality of cauda epididymis sperm of local rabbit that given commercial feed supplemented by cod fish liver oil. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 2(3), 1-8.

Kammen, D. (2014). *Taxonomía de la energía renovable*. Cleveland: Elsevier.

Macías, T. (2018). *producción orgánica y convencional de Theobroma cacao L, en el cantón Bolívar*. Tesis de Maestría. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí.

OLADE (2014). *Contribución al desarrollo de energías renovables*. Florianópolis: Olade.

Paredes, J.R. y Ramírez, J.J. (2017). *Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia*. Bogotá- Colombia: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Rodríguez, M. & Vázquez, A. (2018). La energía fotovoltaica en la provincia de Manabí. ISBN: 978-9942-948-20- 5. Universidad Técnica de Manabí, Ediciones UTM-Unidad de Cooperación Universitaria. <https://www.utm.edu.ec/index.php>

Singh, D. (2016). Study of ethno-botanical flora of dakingari, kebbi state Nigeria, west tropical Africa. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 2(5), 17-28.

Vivas, F. E. V., Cuello, R. L. C., Macías, D. M., & Rosado, G. P. (2017). Elaboration of essential oil from the oregano for medicinal use sheet. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, 1(1), 81-87. <https://doi.org/10.21744/ijpse.v1i1.22>

WEC. (2010). *Survey of energy resources*. Londres: World Energy Council.

# ESTUDIO DE BIOMASA EN UNA FINCA LOCALIZADA EN LA COMUNIDAD NARANJAL DE LA PARROQUIA ABDÓN CALDERÓN

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Katherine Lisbeth Carreño Suárez**  
<https://orcid.org/0000-0002-9132-7732>

**María Rodríguez Gámez**  
<https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Antonio Vásquez Pérez**  
<https://orcid.org/0000-0003-4738-7970>

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Gonzalo Rigoberto Menoscal Chilán**  
<https://orcid.org/0009-0006-3155-2141>

**Tanya Beatriz Bravo Mero**  
<https://orcid.org/0000-0002-3437-8584>

STUDY OF BIOMASS IN AN ORCHARD LOCATED IN THE NARANJAL COMMUNITY OF THE ABDÓN CALDERÓN PARISH

de Don Javier, ubicada en la comunidad de Naranjal, está constituida por varios cultivos de vegetales los cuales se destinan para el mercado y consumo personal. Los residuos generados en la huerta son de gran importancia y utilidad, ya que permite obtener energía de la biomasa provocando un impacto positivo al medio ambiente debido a que el dióxido de carbono que se produce no llega a la atmósfera, sino que es utilizada por las plantas para su proceso de fotosíntesis dando como resultado una contaminación neutra o casi nula. Se realizó una entrevista al propietario de la huerta para obtener información acerca de la cantidad de cultivos que se produce. Esta investigación se desarrolló con un método cualitativo, la cual nos permitió conocer cómo se comporta el potencial de biomasa, en la parroquia Abdón Calderón.

**PALABRAS CLAVES:** biomasa; potencial energético; residuos; fotosíntesis.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La energía juega un papel importante en la economía a nivel mundial, es un elemento que ayuda para el desarrollo

**RESUMEN:** La producción de energías renovables es necesaria en lugares donde se pueda aprovechar su potencial. La huerta

y funcionamiento de las sociedades contemporáneas. El mundo se ha vuelto muy dependiente de ella, ya sea en menor o mayor medida. En la actualidad se observa que su dependencia se acentúa en la mayoría de los países, dato que es visible, con solo acceder a las estadísticas de oferta y consumo de energía.

Hoy en día, debido al calentamiento global y a la gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera, la población está tomando conciencia medioambiental optando por las fuentes de energías alternativas, donde se encuentra la biomasa.

La biomasa, es el material orgánico que más ha sido utilizado en la historia de la humanidad, siendo el primer combustible empleado por el hombre, que puede sustituir a los combustibles fósiles y a la energía nuclear, sin provocar daños a la atmósfera, ya que se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Es producida por las plantas a realizar el proceso de la fotosíntesis. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad.

Junto con otros combustibles alternativos, crea una barrera para los crecientes precios del petróleo. Según la efectividad de los marcos políticos e institucionales, se abre a los países la oportunidad de promover un desarrollo nacional y rural sostenible gracias al fomento de la bioenergía; muchos países poseen extensas superficies forestadas que, mediante una ordenación sostenible, pueden producir grandes cantidades de combustibles renovables. Algunos países ya han adoptado políticas que estimulan el uso de la madera para la producción de energía.

A nivel europeo se ha desarrollado de manera específica un plan de acción sobre la biomasa (Comisión de las Comunidades Europeas, 2005) en el que se hace hincapié en que, con el uso de esta fuente energética, Europa puede reducir su dependencia de los combustibles fósiles, disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero y estimular la actividad económica en las zonas rurales.

En Ecuador, debido a su naturaleza agrícola y forestal, la biomasa constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento. El uso de los residuos agrícolas con fines energéticos representa una oportunidad para mejorar la situación socioeconómica de las áreas rurales y urbanas; además, una mayor participación de las energías renovables puede ser una alternativa fundamental para diversificar la matriz energética, en apoyo a la estrategia del país. El cacao y la palma africana, son los principales cultivos con mayor volumen de producción.

En el cantón Portoviejo, se implementó dentro de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), una planta prototipo de

pirolisis para extraer productos energéticos de los residuos que quedan de la semilla de piñón, fruto que no tiene fines alimenticios y es una fuente de biocombustible, que busca promover la valoración de los residuos agrícolas.

Debido a la importancia que tiene la biomasa en el mix energético, se busca hacer un estudio sobre la actividad agro productiva en la parroquia Abdón Calderón, especialmente en una huerta de 2 hectáreas ubicada en la comunidad de Naranjal, para la realización de un análisis sobre el posible aprovechamiento de los residuos con la finalidad de reducir la contaminación ambiental.

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial, se utilizaba para cocinar, calentar el hogar, hacer cerámica; posteriormente, para fundir metales, alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII (Rangel & Portilla, 2015).

Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos.

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. El carácter renovable, no contaminante comparado con otras fuentes y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro. (SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2008).

Después de una amplia revisión bibliográfica, se obtuvo que la parroquia Abdón Calderón existen las condiciones adecuadas para hacer utilizar los residuos procedentes de la agricultura para la generación de energía fundamentalmente en zonas rurales, donde la calidad de la energía en la etapa de invierno no es adecuada.

## **2 | MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación está basada en la revisión bibliográfica y el método cualitativo, en el cual se pudo explorar mediante una visita técnica los diferentes tipos de cultivos para poder ser analizados. Como instrumento de recolección de datos se utilizó la entrevista, permitiendo mantener un diálogo con el propietario de la huerta, obteniendo información que sirvió para poder verificar los problemas existentes, la investigación permitió capacitar al dueño de la parcela en el uso de los residuales que produce la huerta, además concluir

que los sistemas energéticos de biomasa son generadores de empleo e ingresos y las oportunidades de desarrollo rural.

### 3 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La biomasa se define como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Como tipo de biomasa, se puede distinguir entre biomasa animal, forestal y residuales domésticos. La biomasa vegetal es producida por las plantas al fijar la luz, agua y dióxido de carbono mediante el proceso de la fotosíntesis como se observa en la figura 1, donde la energía solar queda almacenada en enlaces químicos, y puede ser liberada mediante procesos como la combustión, la digestión, la descomposición o bien mediante hidrólisis y fermentación a combustibles líquidos o gaseosos.

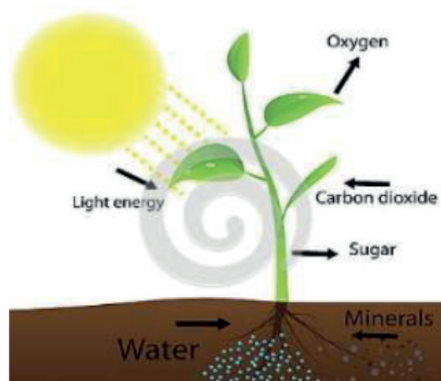


Figura 1. Fotosíntesis

Fuente: Guzmán (2015)

La bioenergía puede contribuir de manera a la sustitución de las fuentes de energía fósil y nuclear dando lugar a los diferentes energéticos útiles para los seres humanos, los cuales se obtienen sometiendo a la biomasa a procesos de transformación, en la figura 2, se observan las diferentes formas que pueden producirse.

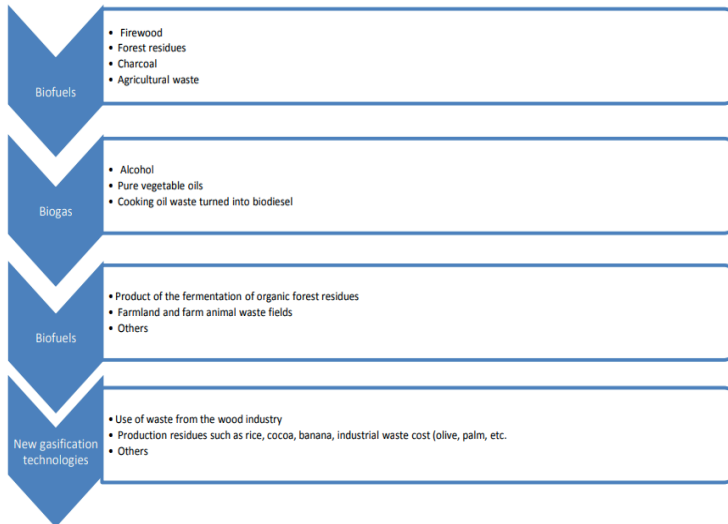


Figura 2. Algunas formas de producción de la bioenergía

Fuente: Corre (2016), García et al. (2013)

La bioenergía es la única fuente de energía renovable que se puede almacenar tan fácilmente como el petróleo y el gas, lo cual es una ventaja económica para establecer el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía. En el sector eléctrico, esta misma cualidad hace que la bioenergía para la producción de electricidad sea completamente integrada a la red, ya que las plantas de bioenergía constituyen capacidades de potencia eléctrica. A largo plazo, la transición energética puede llevar al empleo de diferentes tipos de combustibles además de lograr con el uso de diferentes residuos portar a la seguridad alimentaria y la protección ambiental (Suárez & Martin, 2010).

La bioenergía sustentable ofrece nuevas oportunidades a la agricultura, fomenta la propagación de vegetación, permite un mejor equilibrio entre desarrollo urbano y rural, y propicia un mejor manejo de espacios, bosques, reservas naturales, asentamientos humanos y actividades productivas, además ayuda a la eliminación de los desechos orgánicos rurales y urbanos, por lo que contribuye a la higiene y al desarrollo de materiales y sustancias de origen orgánico para la industria de la construcción y del papel (Doussoulin, 2007).

Es bueno señalar que el logro de la bioenergía debe realizarse alejándose de los sistemas de producción agrícola intensiva, a gran escala y basados en monocultivos, ya que con frecuencia llevan a la deforestación y la pérdida de biodiversidad (Preston, 2011).

De manera genérica, se pueden distinguir dos categorías de material orgánico para la producción energética:

- Residuos orgánicos, naturales y de origen antropogénico, que sin otra utilización liberan energía en el proceso de su descomposición y dan como resultado dióxido de carbono y metano. Los residuos orgánicos naturales son todos aquellos que se generan anualmente en los bosques. Su cantidad es enorme, y es factible usarlos para fines energéticos. Sin embargo, a fin de preservar la existencia de los bosques, su aprovechamiento exige que se realice en el marco de un manejo sustentable, que conserve los equilibrios de los nutrientes de los suelos y los ecosistemas.
- Plantaciones o cultivos agro energéticos, inducidos por el ser humano con vistas a su utilización energética o como materias primas para otras industrias. Van desde plantaciones forestales de aprovechamiento rápido, pasando por plantaciones de palmeras, pastos de crecimiento rápido, y cultivos de caña de azúcar y de colza, entre otros. (Sampeiro & Martínez, 2010:1-39), (Rincón & Silva, 2014).

## **Biocombustibles sólidos**

Los biocombustibles sólidos más importantes, combustibles de tipo primario, son los constituidos por materiales lignocelulósicos procedentes del sector agrícola o forestal y de las industrias de transformación que producen este tipo de residuos. La paja, los restos de poda de vid, olivo o frutales, la leña, las cortezas y los restos de podas y aclareos de las masas forestales son materia empleada en la elaboración de biocombustibles sólidos de origen agrario. Cáscaras de frutos secos, huesos de aceitunas y de otros frutos, residuos procedentes de la extracción del aceite de orujo en las almazaras, restos de las industrias del corcho, la madera y el mueble, constituyen una materia prima de calidad para utilizarla como biocombustible sólido. Mediante la combustión de esta biomasa se obtiene energía que se aprovecha directamente como energía térmica o se transforma en energía eléctrica. El poder calorífico inferior, variable con la humedad del combustible, es la característica más representativa de su calidad.

Aunque una parte importante de la biomasa se utiliza directamente, como por ejemplo la leña en hogares y chimeneas, las nuevas aplicaciones de los biocombustibles sólidos se basan en un tratamiento capaz de acondicionarla a los requerimientos de la demanda. Las formas más generalizadas de utilización de este tipo de combustible son astillas, serrín, pellets y briquetas.

## **Biocombustibles líquidos**

La denominación de biocombustibles líquidos o biocarburantes se aplica a una serie de productos de origen biológico utilizables como combustibles de sustitución de los derivados de petróleo o como aditivos de éstos para su uso en motores. Actualmente



sólo son comerciales los de primera generación, etanol y biodiesel. En ambos casos las materias primas de las que proceden tienen también uso alimentario.

## **Bioetanol**

Las complejas moléculas orgánicas —azúcares, hidratos de carbono, celulosa, hemicelulosa, lignina— que sintetizan las plantas a partir de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y nutrientes se concentran en la parte fibrosa. El bioetanol se obtiene por fermentación de los azúcares procedentes, principalmente, de caña de azúcar y maíz, siendo el biocarburante que se produce en mayor cantidad en el mundo. El producto resultante del proceso de fermentación de los azúcares contiene una gran cantidad de agua que es preciso eliminar para poder utilizarlo como carburante.

Se emplean tres familias de materias primas para la obtención del etanol. Azúcares procedentes de la caña o de la remolacha. Almidones procedentes de cereales como maíz, cebada o trigo. Celulosa y hemicelulosa procedentes del material lignocelulósico de los vegetales.

## **Biodiesel**

La naturaleza de los aceites vegetales, plantea una serie de inconvenientes, debidos principalmente a su elevada viscosidad, a la hora de utilizarlos directamente en los vehículos actuales. Es necesario realizar una serie de transformaciones en los motores convencionales, o bien utilizar motores Elsbett (Honty, Lobato, & Mattos, 2005), para que los triglicéridos puedan emplearse como carburantes, cuando no se introducen estos cambios se deben transformar los aceites en ésteres metílicos o etílicos y glicerina, con el fin de mejorar sus características como combustible (Rojas, Girón, & Torres, 2010). De esta manera se consigue que las moléculas de largas cadenas ramificadas iniciales, de elevada viscosidad, se transformen en otras moléculas de cadena lineal, de menor viscosidad y de características fisicoquímicas y energéticas más parecidas a las del gasóleo de automoción.

El biodiesel es un biocarburante líquido que está constituido por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas animales y que se emplean en motores de ignición por compresión. Los ésteres más utilizados son los de metanol y, en mucha menor medida, etanol.

El biodiesel es un combustible de automoción muy similar al gasóleo, lo que no ocurre con el aceite sin modificar. Por ejemplo, la viscosidad de los ésteres es dos veces superior a la del gasóleo mientras que la del aceite crudo es diez veces superior. Otras propiedades como índice de metano, densidad o punto de infamación, son similares

en ambos carburantes lo que permite utilizar el biodiesel puro o mezclado en distintas proporciones con el gasóleo de automoción en los motores convencionales. American Society for Testing and Material Standard (ASTM), ha especificado distintas pruebas que se deben realizar a los combustibles para asegurar su correcto funcionamiento (León, y otros, 2009).

En la producción de biodiesel se ha utilizado aceite procedente de una gran variedad de semillas oleaginosas como el girasol y la colza (Europa), la soja (Estados Unidos) y el coco (Filipinas) y de frutos oleaginosos como la palma (Malasia e Indonesia) (Lafont, Espitia, & Páez, 2019).

## **Biocombustibles gaseosos**

A partir de la biomasa se pueden obtener varios combustibles gaseosos como biogás, gas de gasógeno y gas de síntesis e hidrógeno. El hidrógeno es un vector energético que se presenta como una alternativa a la estructura energética actual debido fundamentalmente a sus ventajas ambientales y a su aplicación en pilas de combustible. Su combustión produce agua y una gran cantidad de energía (27.000 kcal/kg) por lo que resulta idóneo para múltiples aplicaciones industriales, domésticas y de transporte (Romero, 2010).

La obtención de hidrógeno a partir de compuestos orgánicos se realiza mediante un proceso, denominado “reformado”, que consiste en romper las moléculas hidrocarbonadas mediante reacciones con vapor de agua en presencia de un catalizador. Este combustible, presenta importantes problemas logísticos debido a su inflamabilidad y baja densidad. La alternativa de licuar el gas tropieza con el elevado consumo energético y las grandes inversiones necesarias para la distribución directa. Debido a que su utilización se justifica fundamentalmente por razones ambientales, las fuentes de energía renovables constituyen la materia prima ideal para obtenerlo.

Entre las moléculas orgánicas procedentes de la biomasa con posibilidades para ser fuente de hidrógeno, el bioetanol es la opción que presenta menores costes y mayor versatilidad. Es adecuado para satisfacer diferentes aplicaciones porque la generación de hidrógeno a partir de etanol puede oscilar entre pocos kW y varios MW. La producción de hidrógeno utilizando etanol in-situ como materia prima tiene la misma logística que la existente para los combustibles fósiles lo que supone un importante descenso de los costes de distribución del hidrógeno (Romero, 2010).

## **Ecuador**

La República del Ecuador se encuentra ubicada en la costa noroeste del océano Pacífico, con una extensión territorial de 283.561 km<sup>2</sup> limitada al norte con Colombia, y

tanto al sur como al este con Perú. Se encuentra en una zona tropical que cuenta con cuatro regiones naturales definidas por su clima y geografía, dividiéndola en: costa, sierra, oriente y región insular o Galápagos (Rodríguez & Vázquez, 2018).

La economía ecuatoriana está basada en la exportación de varios productos, en especial del petróleo, en el año 2016 se exportó 5,05 miles de millones de dólares (Cepeda et al., 2016).

La agricultura también es considerada un pilar fundamental en la economía permitiéndole al país colocarse en varias oportunidades como principal exportador de productos agrícolas. Haciéndolo acreedor de galardones por la gran calidad de sus productos. Dentro de sus principales productos agrícolas está el banano representando 2,74 miles de millones de dólares, flores 802 millones, cacao 622 millones, entre otros. Por otra parte, la acuicultura representa el 15 % de las exportaciones con un valor de 2,59 miles de millones de dólares.

Estas cifras demuestran que Ecuador es un país rico en materia agrícola y recursos naturales, pero que a pesar de esto no ha desarrollado una industria capaz de competir con el mercado internacional para exportar productos elaborados con mayor valor adquisitivo. (Banco Mundial, 2016)

## **La biomasa en Ecuador**

La biomasa en el país del Ecuador es muy abundante, pero debido a ser un país en desarrollo todavía no se explota como debería, la de residuos agrícolas es una de las más abundantes como el banano, café, cacao, flores, maíz, cascarilla de arroz, papas, etc.

Diferentes ministerios ecuatorianos como el de producción, el de pre inversión y el de electricidad lanzaron un Atlas Bioenergética del Ecuador, que cuenta con la información más completa y actualizada de la producción de la biomasa del territorio ecuatoriano, y servirá como un instrumento base para la formulación de perfiles de proyectos, políticas y futuras investigaciones en el ámbito bioenergética (Atlas Bioenergético del Ecuador, 2014) (Instituto Nacional de Pre inversión, 2014).

El atlas consta de mapas que detallan la localización y la cantidad de biomasa residual disponible por cantón y su respectivo potencial energético para 10 cultivos agrícolas (banano, arroz, cacao, caña de azúcar, maíz, palma africana, piña, café, palmito y plátano), 3 actividades pecuarias (avícola, porcina y vacuna) y la actividad forestal. Se consideran dos aspectos de la biomasa residual: contenido energético, determinado a partir de información y resultado de ensayos de laboratorio de muestras tomadas en campo a nivel nacional y distribución geográfica de la biomasa residual cantonal.

La principal utilización actual de la biomasa en el país son los biocombustibles, que el gobierno está implementando a nivel nacional. La demanda de gasolina en el Ecuador es de 20 millones de barriles anuales y de 24 millones de barriles anuales de diésel. Desde el 2010 el Ecuador produce biocarburantes llamado Ecopaís. El biodiesel producido en el país se lo destina en su totalidad a su exportación. (Escuela de Organización Industrial, s.f.)

En los últimos años, Ecuador ha incorporado sistemas de cogeneración mediante biomasa, los excesos de energía eléctrica se entregan a la red nacional de energía eléctrica. Hasta ahora el principal cultivo que se ha utilizado para la generación de energía eléctrica es la caña de azúcar, en los ingenios azucareros que posee el país. Entre ellos resaltan Ecoelectric (36,5 MW), San Carlos (35 MW) y Escudos (29,8 MW). Esto representa el 1,74 % de la energía eléctrica producida en Ecuador en el año 2016 (Peláez et al., 2015).

En la Figura 3, se muestra el mapa del potencial de biomasa en Ecuador; a pesar de que se deben inventariar con fechas más actualizadas, se puede plantear que el potencial que existe en zonas rurales podría ayudar a mejorar la calidad de la energía en las zonas rurales, donde no actualmente existen problemas energéticos fundamentalmente en épocas de invierno (Rodríguez et al., 2018).



Figura 3. Potencial energético de la biomasa en Manabí  
Fuente: (Rodríguez, Vázquez, Villacreces, & Caballero, 2019).

Según los datos obtenidos del Censo Nacional Agropecuario del año 2000 y las Encuestas de Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del año 2012, se tiene los 5 productos con mayor producción de biomasa en la provincia de Manabí, el primer lugar el plátano. En la figura 4, se muestran los parámetros de producción absoluta de cada uno de ellos, junto con la cantidad de residuos ambos expresados en toneladas anuales y la energía bruta en TJ/año.

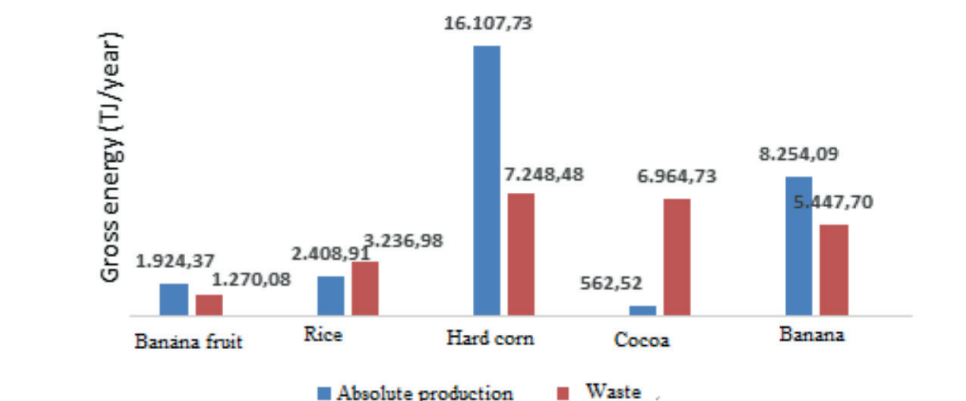


Figura 4. Productos con mayor productividad de biomasa en Manabí

Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos a través del Atlas Bioenergético (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Una de las industrias más destacadas de Manabí empezó a generar energía a través de calderos de biomasa hace unos meses, es un proyecto en el país y ayuda a la reducción del CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

La planta está situada en el cantón de Montecristi y genera 17,4 Megavatios (MW) hora para ser utilizado en las actividades diarias de la empresa. Para la obtención de la energía se acumulan los desechos de nuez de palmiste, que es un subproducto del aceite de palma rojo, residuo que antes era utilizado para calentar hornos de industrias cementeras (Tierra y Mar, 2019).

## Biomasa en Portoviejo

Según el estudio realizado por (Reyna & Bowen, 2018), sobre la estimación del potencial de biomasa en el valle del río Portoviejo mediante imágenes satelitales, muestra la calidad de la vegetación cerca del río. En la figura 5. Se muestra que la mayoría de la zona presenta una vegetación sana y muy pocos suelos desnudos o cuerpos de agua.

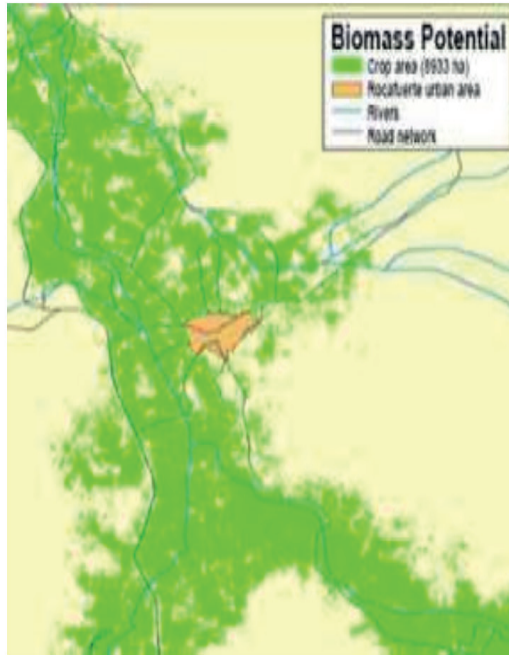


Figura 5. Cobertura de cultivos para el valle del río Portoviejo

Fuente: SIGDS (Reyna & Bowen, 2018)

El maíz es, él cereal más sembrado en Portoviejo, superando al plátano y al arroz, es una planta anual y su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2.5 m de altura, y se adapta muy bien a todos los tipos de suelos especialmente con PH de 6 a 7 y son muy ricos en materia orgánica. En la figura 6 se muestra un resumen del sector agrícola con mayor producción en Portoviejo con sus parámetros principales.

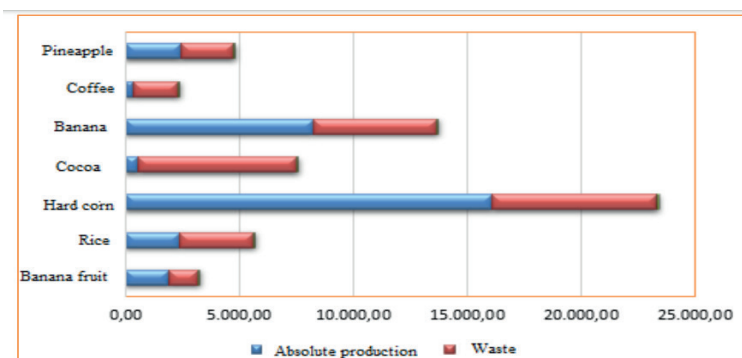


Figura 6. Sector agrícola de Portoviejo

Fuente. Elaboración propia con datos obtenidos a través del Atlas Bioenergético (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2014)

Hace poco tiempo, se implementó una planta prototipo para pelletización de torta residual de piñón, en el cantón Portoviejo. La pirólisis es la degradación térmica o volatilización de la biomasa en ausencia de oxígeno. El material sólido o carbonizado obtenido se puede utilizar como combustible en procesos industriales, en la cocción de alimentos o como materia prima para la producción de carbón activado. El gas producido se utiliza para la generación de energía mecánica y térmica o puede ser transformado en otros productos químicos. El producto líquido, también identificado como condensado o bioaceite, puede ser convertido en un combustible rico en hidrocarburos para su combustión en motores y en la generación de energía mecánica y térmica. (Álvarez, 2013)

El objetivo central de la planta, es realizar una serie de investigaciones para optimizar el aprovechamiento y la generación de energía a partir de la biomasa residual del piñón, mismo que es utilizado para la producción de biocombustible. El piñón utilizado como materia prima, es cosechado de las cercas vivas ubicadas en las fincas de pequeños productores de zonas marginales de la provincia de Manabí. La cosecha de este rubro es una de las principales fuentes de ingresos adicionales que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las familias campesinas.

El INIAP genera alternativas tecnológicas para la producción agroindustrial de biocombustibles, basándose en sistemas agro sostenibles con especies adaptadas a diferentes zonas agroecológicas del país.

A dicho evento se dieron cita varias autoridades locales y nacionales, entre ellas representantes del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), entre otros. (INIAP, s.f.)

## **Abdón Calderón**

Abdón Calderón se encuentra ubicada entre las coordenadas 1°02'50"S y 80°19'27"O. Existe una diferencia de extremo a extremo en su latitud de 15,6 km. y una diferencia de extremo a extremo en su longitud 17,7 km. Las comunidades más numerosas son: Miguelillo, El Jobo, Quebrada de Guillén en este sitio se ha trabajado en eficiencia energética de la zona (Rodríguez, Mielles, Vélez, & Vázquez, 2020), se encuentra La Balsa, Bijahual, El Hormiguero, Florestal, Maconta, Pimpiguasí, todas ellas comunidades rurales.

La parroquia Abdón Calderón está inmersa en la población total del cantón Portoviejo 280.029 con aproximadamente 18,500 habitantes, de los cuales tiene un predominio del

50.60 % de hombres, sobre el total de mujeres del 49.40 %. (Bowen & Bravo, 2014). Es la parroquia más poblada del cantón Portoviejo y cuenta con importantes recursos naturales y actividades agrícolas que representan una oportunidad inigualable para el aprovechamiento de potencialidades.

La estructura territorial de la parroquia rural comprende de un espacio constituido por su cabecera parroquial y la zona dispersa conocida como rural que comprende las áreas agrícolas, pecuarias y forestal y la importante zona de protección ecológica que constituye los bosques protectores, santuarios de vida silvestre, etc. La cabecera parroquial es una estructura poblacional que no tiene sus límites definidos, que está integrada por sectores en el cual predominan las viviendas con densidad baja y el comercio con vivienda, característica de las áreas rurales de la costa manabita.

La producción agrícola y agroforestal es muy abundante en la parroquia y depende bastante de la temperatura del aire ya que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimentan el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos agrícolas. La temperatura promedio anual es de 25,4 C, y decrece en el mes de junio con la estación seca y incrementando en el mes de diciembre con la estación lluviosa. El valor promedio mensual de humedad relativa está entre 70 % y 83 %, los valores máximos se registran normalmente durante la época lluviosa. (GAD Abdón Calderón, 2015-2019). Al igual que el resto de la provincia de Manabí, la parroquia está sujeta a un clima influenciado por la presencia de las corrientes marinas frías de Humboldt y cálida del niño.

En la parroquia existen dos tipos de suelo: los de las colinas de mediano tamaño y de constitución arcillosa. Entre las partes más montañosas de las comunidades existen varios cultivos de café, plátano, etc., tanto para la comercialización y consumo propio. Las especies de más importancia económica en este concepto son el guineo, la tagua, plátano, café, maní, maíz y cacao e incluso existe una planta procesadora de maní, que cuenta con equipos ecológicos para el secado y almacenamiento del producto y lo procesa de diferentes maneras para la elaboración de pasta de maní, salprietá, maní caramelo, maní salado, maní quebrado, harina de maní, entre otros derivados. Siendo un precursor de la economía de la zona. (El telégrafo, 2015).

La vegetación natural con intervenciones alcanza un 42,61 % de la superficie total parroquial y significa un 11 % del total cantonal. El territorio está cubierto por asociaciones con agricultura permanente, de ciclo corto y pastos. La gran parte del territorio se encuentra altamente intervenida.

La comunidad de Naranjal, es un lugar considerado de importancia para la actividad agrícola debido a que tiene tierras de muy buena calidad y sus moradores son agricultores



que en sus propias casas tiene pequeñas huertas. Además de ser un lugar reservado para el cultivo de la agricultura, se ha constituido en una potencia turística por sus cualidades geográficas de mucho agrado. Una de las cualidades dadas por la naturaleza es su ubicación junto al río Calderón.

La huerta del propietario Don David Carreño, está ubicada a unos 2 kilómetros de la entrada de la comunidad Naranjal y tiene una dimensión de 5 hectáreas donde hay siembras de productos como maíz, maní, yuca y plátano. 1 hectárea de maní bota 49 quintales y está listo para recoger en 110 días, casi lo mismo que el maíz a diferencia de que la segunda demora un poco más porque se recoge en seco y por cada hectárea da entre 110 a 120 quintales. El plátano es más comercializado pero su reproducción es de 8 meses a 1 año, todos los residuos que se recolectan son quemados o se donan como alimento para las vacas.

Calderón constituye un centro de aprovisionamiento y polo comercial de insumos básicos dedicado a la comercialización de los productos del sector y de la región, en la figura 7, se muestra los principales cultivos de la parroquia.

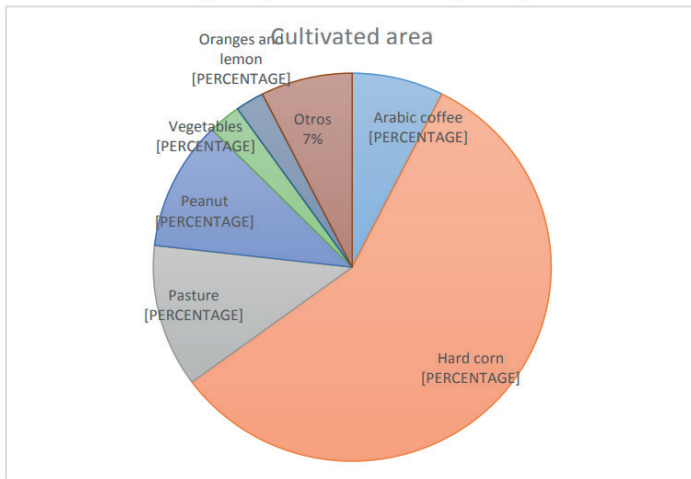


Figura 7. Cultivos de la parroquia Abdón Calderón  
Fuente: PDOT GAD Abdón Calderón (2015-2019)

Los costes energéticos están en continuo crecimiento, debido al alza de los precios de los combustibles fósiles; pero, se tiene a disposición una fuente de energía accesible, económica y renovable como es el caso de la biomasa.

En la huerta de Don Javier, existe una gran variedad de cultivos agrícolas cuyos desechos se puede obtener suficiente materia orgánica para producir energía de una manera limpia; sin embargo, no existe un buen aprovechamiento total del mismo, ya que los residuos que se generan son quemados o regalados como abono y alimento para las vacas. El maíz, actualmente es el cereal más sembrado en la huerta, en la figura 7 (A), se observan los residuos de maíz producidos. Este puede ser utilizado junto con basura orgánica a través de un proceso de descomposición y producir biogás. EL biogás puede ser almacenado sin ningún problema y producir electricidad en figura 8 (B), los residuos de plátano y en la (C), los de yuca.



Figura 8. Residuos de la huerta.

Otro de los cultivos de la huerta es el plátano, donde se aprovecha mejor el suelo y se evita la erosión, aplicando lo que se llama tres bolillos. A partir de sus residuos lignocelulósicos puede producir bioetanol, por presentar en su composición un alto contenido de celulosa y hemicelulosa, además de ser un recurso abundante en la zona estudiada, además se cultiva la yuca tiene una duración de casi 9 meses, Don David, tiene que sembrar constantemente para no desabastecerse, por cada hectárea invierte aproximadamente 500 dólares entre todos los implementos, en la entrevista realizada comento sobre la cantidad de residuos que produce en el campo.. Con la yuca se puede producir bioetanol, capaz de generar electricidad para la comunidad en áreas donde hay insuficiencia energética.

Para el dueño de la huerta, esta es su fuente de trabajo y de alimentación por eso trabaja todos los días para poder tener un sustento económico, Al conocer que puede producir biomasa a partir de todos sus cultivos lo llenó de mucha satisfacción debido a que desconocía que los residuales generados podrían convertirse en diferentes formas de generación de energía.

## 4 | CONCLUSIONES

Ecuador es un país productor de biomasa, al igual que la provincia Manabí, sus parroquias y el modelo de la huerta estudiada, demostrando que existe un gran potencial de recursos agrícolas y forestales cuyos residuos se pueden utilizar como energéticas limpias y renovables ayudando a sustituir a los combustibles fósiles sin provocar emisiones de efecto invernadero a la atmósfera.

Se realizó un estudio de los 5 cultivos con mayor producción de biomasa en Manabí y se mostró el potencial energético de cada uno de sus diferentes cantone, donde se pueden utilizar los avances de las nuevas tecnologías y aprovechar la biomasa para convertirse en biocarburentes, biogás y en biocombustibles para generar calor, electricidad e inclusive para la cocción de alimentos, donde su explotación debe de hacerse en términos sustentables.

Los sistemas energéticos de biomasa son generadores de fuentes de empleo e ingresos ayudando a mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan en la zona e impulsar el desarrollo rural.

## REFERENCIAS

Rodríguez, C., Mieles, G., Vélez, A., & Vázquez, A. (2020). Energy Efficiency: Training for Baccalaureate Students. *International Research Journal of Management, IT & Social Sciences*, 7(3), 65-71. <https://doi.org/10.21744/irjmis.v7n3.899>

Atlas Bioenergético del Ecuador. (2014).

Álvarez, A. (17 de junio de 2013). Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico. Repositorio Institucional Universidad de Oviedo. <http://hdl.handle.net/10651/17777>

Banco Mundial. (2016). Datos Ecuador. Recuperado el 23 de noviembre de 2019, de <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador>

Bowen, K., & Bravo, J. (26 de Noviembre de 2014). Trabajo de investigación: Parroquia Abdón Calderón. Obtenido de <https://pt.slideshare.net/fabiangustavov2014/trabajo-de-investigacin-parroquia-abdn-caldern-del-cantn-portoviejo>

Cepeda, P., Zurita, E., & Ayaviri, D. (2016). Los ingresos petroleros y el crecimiento económico en Ecuador, 18(4), 459-466. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.238>. Revista de Investigaciones Altoandinas, 18, 459-466. doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.238>

Corre, P. G. (2016). Energías renovables en Ecuador. Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos I, 8(2), 179. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus24316.pdf>

Doussoulin, E. (2007). La bioenergía: Un nuevo desafío para el desarrollo del desierto en Chile. *Idesia*, 25(2), 5-6. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000200001>

el telégrafo. (20 de diciembre de 2015). En Calderón se prodrá procesar maní. Obtenido de La localidad portovejense tendrá una nueva planta: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/en-calderon-se-podra-procesar-mani>

Escuela de Organización Industrial. (s.f.). Máster en Energías Renovables y Mercado Energético, Madrid. Obtenido de Biomasa en el Ecuador: <https://www.eoi.es/blogs/merme/biomasa-en-el-ecuador/>

GAD Abdón Calderón. (2015-2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Portoviejo.

García, C., Vaca, M., & Talero, G. (2013). Aprovechamiento de Biomasa Peletizada en el Sector Ladrillero en Bogotá-Colombia: Análisis Energético y Ambiental. *Información tecnológica*, 24(3), 115-120. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642013000300013](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000300013)

Gobierno Nacional de la República del Ecuador. (2014). Atlas Bioenergético de la República del Ecuador (Primera ed.). Ecuador: ESIN Consultora S.A.

Guzmán, L. (19 de diciembre de 2015). Ecología en tu vida. Obtenido de <http://lilianamguzman.blogspot.com/2015/12/como-se-genera-la-biomasa.html>

Honty, G., Lobato, V., & Mattos, J. (2005). Energía 2025. Escenarios energéticos para el Mercosur. Obtenido de <http://ambiental.net/wp-content/uploads/2000/01/HontyEnergia2025.pdf>

INIAP. (s.f.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de INIAP e INER inauguran planta de pirolisis de biomasa de piñón: <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/iniap-e-iner-inauguran-planta-de-pirolisis-de-biomasa-de-pinon/>

Instituto Nacional de Preinversión. (2014). Atlas bioenergético del Ecuador. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5720>

Lafont, J., Espitia, A., & Páez, M. (2019). Estudio Físicoquímico del Aceite y Análisis Proximal de la Torta de Semillas Oleaginosas nativas de Córdoba-Colombia. *Información tecnológica*, 30(4). Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid)

León, J., Gasparini, R., Rodríguez, M., Huarte, G., Estrada, J., & Filgueiras, E. (2009). manual de Biocombustible. Obtenido de [http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual\\_Biocombustibles\\_ARPEL\\_IICA.pdf](http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf)

Pelaez, M., Gracia, M., & Martí, J. (2015). Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, Tendencias y Perspectivas. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/286756139\\_Estado\\_de\\_uso\\_de\\_la\\_biomasa\\_](https://www.researchgate.net/publication/286756139_Estado_de_uso_de_la_biomasa_)

Preston, T. (2011). Producción de alimentos y energía en un sistema agrícola amigable con el ambiente y con el balance de carbono negativo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 32. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid)

Rangel, A., & Portilla, C. (2015). El proceso de sustitución de combustibles pesados por gas natural en el sector industrial del Valle del Cauca y del Cauca - Colombia 2004-2012. *Apuntes del CENES*, 35(61), 237-266. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cenes/v35n61/v35n61a09.pdf>

Reyna, L., & Bowen, A. (2018). SIGDS. Obtenido de Estimación del potencial de biomasa en el valle del río Portoviejo mediante imágenes satelitales: <file:///C:/Users/ComitéDePres.FIAG/Downloads/REYNA-LIZARDO-MAURICIO.pdf>

Rincón, J., & Silva, E. (2014). Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad (La Red Iberoamericana de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en Producción de Energía ed.). Obtenido de <https://www.ianas.org/docs/books/ebp01.pdf>

Rodríguez, M., & Vazquez, A. (2018). La energía fotovoltaica en la provincia de Manabí. Portoviejo: ISBN: 978-9942-948-20-5. Obtenido de [https://www.utm.edu.ec/ediciones\\_utm/index.php/component/content/article?id=713:la-energia-fotovoltaica-en-la-provincia-de-manabi](https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/index.php/component/content/article?id=713:la-energia-fotovoltaica-en-la-provincia-de-manabi)

Rodríguez, M., Vázquez, A., Velez, A., & Saltos, W. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista científica*, 33, 265-274. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/23448350.13104>.

Rodríguez, M., Vázquez, A., Villacreces, C., & Caballero, I. (2019). The Systems of Geographical Information, Sustainability, and Local Development in the Manabí Province. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, 12(02 special issue), 1421-1431. doi:<http://www.jardcs.org/abstract.php?id=436>

Rojas, A., Girón, E., & Torres, H. (2010). Variables de operación en el proceso de transesterificación de aceites vegetales: una revisión - catálisis enzimática. *Ingeniería e Investigación*, 30(1). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092010000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092010000100003)

Romer, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles (Vol. 104I). Madrid.

Romero, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 104(2), 331-345. Obtenido de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>

Sampeiro, J., & Martínez, A. (20101-39). BIOENERGÍA. *Revista ciencia*.

SECRETARÍA DE ENERGÍA. (2008). Energía Biomasa. En *Energías Renovables* (pág. 5). Argentina. Obtenido de [file:///C:/Users/ComitéDePres.FIAG/Desktop/libro\\_energia\\_biomasa.pdf](file:///C:/Users/ComitéDePres.FIAG/Desktop/libro_energia_biomasa.pdf)

Suarez, J., & Martin, G. (2010). Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes*, 33(3). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942010000300001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000300001)

Tierra y Mar. (23 de marzo de 2019). el telégrafo. Obtenido de La Fabril genera energía a base de desechos de palma: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/lafabril-energia-desechos-palma-africana-montecristi>

**SECCIÓN II**  
**ECO DISEÑOS INDUSTRIALES**

# ECO DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**German Temistocles Ramos León**  
<https://orcid.org/0000-0002-9904-6484>

**Eder Israel Chinga Muentes**  
<https://orcid.org/0000-0002-8708-7297>

**Fabián Enrique Lozada Almendariz**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**José Elías Solórzano Giler**  
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

## ECO-DESIGN OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM DECREASE IN CARBON FOOTPRINT

**RESUMEN:** El uso apropiado de la energía es vital para el desarrollo sostenible de la sociedad en las diferentes áreas productivas como el sector industrial, comercial y doméstico, en este sentido las máquinas deben utilizar materiales adecuados tendientes a reducir la contaminación de

fuentes de agua y suelo, emisión de dióxido de carbono a la atmósfera por efecto del consumo energético. En este contexto, el objetivo del estudio se centró en diseñar un sistema de aire acondicionado basado en la huella de carbono; se aplicó como metodología el análisis de ciclo de vida (ACV) y eco diseños permitiendo identificar la categorización del contaminante y su nivel de impacto ambiental, desde la extracción de recursos, fabricación, distribución, uso y disposición final. Se logró evaluar el impacto ambiental referente a la unidad funcional de un sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU de capacidad de enfriamiento, obteniendo como resultado la huella de carbono con una cuantificación de dióxido de carbono anual de 722,8 toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), representando significativamente el uso intensivo del sistema y por otra parte la energía requerida para el proceso de manufactura del gas refrigerante hidrofluorocarburos (HFC) R410 A. En este sentido, se concluye que la categoría de impacto ambiental relacionado con los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub> es de tipo D, por su alto consumo energético, ocasionando

calentamiento global, por tanto una de las estrategias prioritarias es la modificación de materiales de diseño que permitan reducir los impactos ambientales.

**PALABRAS CLAVES:** ciclo de vida, dióxido de carbono, estrategias, sostenibilidad, unidad funcional.

## 1 | INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la (ONU, 2021), la población a nivel mundial va en ascenso, en los próximos 30 años se proyecta en 9.700 millones, lo que hace vital el desarrollo sostenible de los productos de primera necesidad del hombre, con el objetivo de garantizar los recursos del presente y del futuro para las siguientes generaciones. Para el logro de estos resultados es necesario el análisis de ciclo de vida (Ramírez, et al., (2018) y mejorar los diseños actuales para reducir los impactos ambientales tanto en la fase de fabricación como en el uso los productos, factores indispensables para la reducción de la contaminación que afecta al mundo global ocasionando el cambio climático (FAO, 2019).

Ante lo citado, la humanidad se encuentra en tiempos decisivos para poder afrontar desafíos como el cambio climático, teniendo como referencias las diversas transformaciones que se están dando en diferentes puntos del planeta, las que van desde el aumento del nivel del mar hasta cambios en la producción alimentaria; debido a los procesos de industrialización, agricultura y deforestación a gran escala, que consecuentemente también, ha llevado a generar el aumento de niveles de gases de efecto invernadero en los últimos años. (Organización de las Naciones Unidas, 2021). En este contexto las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas determinarán en gran medida el calentamiento medio global en la superficie a finales del siglo XXI y posteriormente (véase la figura RRP.10). La mayoría de los aspectos del cambio climático perdurarán durante muchos siglos, incluso aunque pararan eventualmente las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que supone una notable inexorabilidad del cambio climático durante varios siglos, debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> pasadas, presentes y futuras (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2013).

Ante este escenario, el análisis de ciclo de vida, según la normativa ISO 14040 (INEN, 2014) responde como parte de un método que permite evaluar las cargas ambientales desde su fabricación, uso y fin de ciclo, es decir integrando la materia prima de extracción, la producción, embalaje, distribución, el uso y la disposición final del producto o servicio; y concluir con estrategias de mejoras de los productos.

### **Importancia de estudios de eco diseños de aire acondicionado**

En las regiones Costa y Oriente del Ecuador se registran altas temperaturas y humedad, sobre todo en época invernal (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2021), lo cual ocasiona un confort térmico inadecuado, (Instituto Ecuatoriano de Seguridad



Social, 1986); efecto que no solamente tiene un impacto en el entorno laboral, sino que también ejerce influencia en la salud del trabajador, sobre todo, cuando a nivel empresarial, el concepto de buen ambiente laboral es una tendencia que va cobrando importancia para procurar la salud de los trabajadores e incrementar la productividad, según el estudio realizado por la (Social Market Foundation, 2021) y la (Universidad de Warwick, 2021), que revela la forma en que los espacios apropiados motivan un buen clima de trabajo entre los colaboradores.

En ese sentido, los sistemas de climatización en la empresa son fundamentales, muchos de los cuales utilizan equipos de aire acondicionado con capacidades variables de enfriamiento para satisfacer las necesidades de confort laboral; entre los más utilizados están los de capacidad de 12000, 18000 y 24000 BTU tanto en el sector doméstico, comercial y también para ciertas áreas de la industria como los departamentos administrativos. Todos estos equipos tienen un consumo energético, que va ligado a la tasa de emisión de dióxido de carbono, de lo cual parte el concepto de ecodiseño, el cual tiene una implicación directa sobre los productos debido a su relación entre el sector social, económico y ecológico a lo largo del ciclo de vida, sobre todo cuando ejercen impactos ambientales tales como las emisiones de gases de efecto invernadero, el humo o eutroficación del agua; razones por las cuales es indispensable un análisis del ciclo de vida del producto, permitiendo optimizar el producto y consecuentemente reducir el impacto negativo del sistema de aire acondicionado en el medio ambiente y a la economía empresarial y de la sociedad (Malagón, 2011).

Es importante además considerar que, los estudios de análisis de impactos ambientales para productos de sistemas de aire acondicionado son muy pocos, por lo que los autores no pudieron comparar y evaluar el impacto medio ambiental que pueden generar de acuerdo a las categorías como cambio climático, agotamiento de ozono, toxicidad humana, eco toxicidad, radiación ionizante, formación de ozono fotoquímico, eutrofización, acidificación y agotamiento de suelo. En tal virtud, el objetivo del estudio se enmarcó en diseñar un sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU considerando la huella de carbono del producto, en el marco de la categoría de calentamiento global por efecto del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (USEPA, 2006).

## **2 | MATERIALES Y MÉTODOS**

Se aplicó el enfoque de análisis del impacto ambiental a base del ciclo de vida «De la cuna a la cuna» en la fabricación y uso de los sistemas de aire acondicionado tipo split de capacidad de 12000 BTU de enfriamiento (Avadi et al., (2015) considerando la

materia prima, manufactura, distribución, uso y fin de ciclo del producto. Ante lo expuesto el ciclo de vida permitió identificar y cuantificar la energía y los materiales empleados para el desarrollo del producto, en este contexto determinar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generadas y que inciden al cambio climático y al calentamiento global. En la figura 1 se presenta el flujograma de mejoramiento del producto respecto al impacto ambiental considerado.

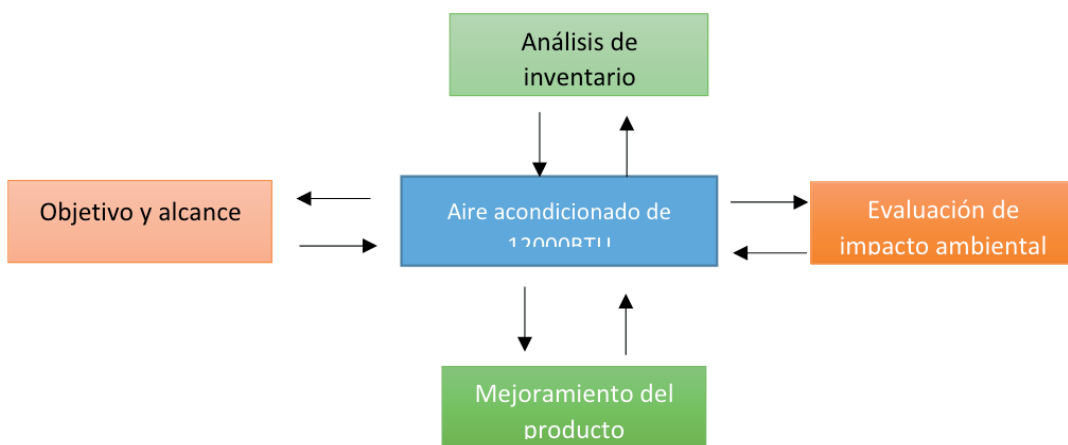


Figura 1. Flujograma de mejoramiento del producto

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación del impacto ambiental del producto del aire acondicionado tipo split de 12000 BTU, se ha considerado específicamente la energía necesaria en Kilovatios (kW) de los diferentes componentes del sistema y su caracterización, acorde a la categoría del impacto ambiental de los diferentes componentes como el compresor, evaporador, condensador, motor de ventilador, plásticos (polietileno), cañerías de cobre, material de empaque, entre otros. Así mismo se considera el consumo de combustibles por distancia (km) desde China a Guayaquil por medio de un barco contenedor y desde Guayaquil a la planta de ensamblaje mediante camiones que transportan los componentes del sistema de enfriamiento marca Chigo CS12-ACR-UE.

Por otra parte, en el uso del producto se considera la frecuencia de uso, así como también la energía requerida durante la operación del sistema y tomando en consideración que el fin de ciclo del producto, no cuenta con una correcta disposición final, existiría la probabilidad de un impacto ambiental.

Como fuente de información primaria se contó con personal técnico en el área de climatización, así como de proveedores de los sistemas inmersos a los procesos de

fabricación y distribución de componentes de aires acondicionados, y por otra parte, como fuentes de información secundaria se emplearon datos de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por cada kW de energía utilizada y combustible consumido; acogiendo las directrices del IPCC (Inventories, 2006).

Para la evaluación de impacto ambiental del producto se aplicó el software Ecodesign PILOT cuyo objetivo es proporcionar herramientas de mejora en el desempeño ambiental del producto relacionado al ciclo de vida, facilitando la formulación de estrategias de mejora en la fase de producción y uso (Ecodesign pilot corporation, 2020). Ante lo citado el programa de ecodiseño permite determinar la intensidad del impacto ambiental ocasionado por el producto, así mismo, facilita integrar acciones de mejora (ONU, 2021).

La evaluación de impacto ambiental del producto aire acondicionado tipo split 12000 BTU comprendió dos partes: caracterización y clasificación, en este sentido se tiene el impacto de emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y la caracterización por recursos utilizados por categorías a evaluar su impacto, así mismo su caracterización estará clasificada en función a las categorías consideradas por su relevancia de contaminación. En la tabla 1 se muestra la unidad funcional del sistema de aire acondicionado y los materiales como parte de la materia prima necesaria para la fabricación de los componentes del sistema, la masa y su clasificación en función al nivel de categorización en contaminación.

Nombre	Tiempo de vida	Unidad funcional	Marca / modelo	Uso	Clasificación
Aire acondicionado	10 años	12 0000 BTU	Chigo CS12-ACR-UE	365 días por año	Tipo básico D
Partes del producto	Masa (kg)	Material		Categoría	
Compresor	18	Hierro		IV	
Condensador	4.5	Aluminio		VI	
Evaporador	4.5	Aluminio		VI	
Motor ventilador	3.5	Aluminio		VI	
Tarjeta electrónica	0.5	Poliestireno y resina epóxica		V	
Plásticos varios	4.5	Poliestireno		IV	
Cañerías	0.3	Cobre		VI	
Gas refrigerante	1.1	R4-10 <sup>a</sup>		III	
Partes del paquete	Masa (kg)	Material		Categoría	
Empaque 1	1,05	Chapa de acero		IV	
Empaque 2	0,15	Poliestireno expandido		IV	
Empaque 3	0,5	cartón		III	

Tabla 1. Descripción y componentes de fabricación del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

Por otra parte, en la tabla (2) se presenta la energía necesaria para la producción de manufactura de los componentes del sistema, también se considera el volumen de producción, el porcentaje de partes externas y su distancia de donde provienen; la distribución del producto respecto a la transportación marítima, terrestre y el tipo de empaque referente al producto, Así mismo la frecuencia de uso, el consumo energético por hora y el uso inadecuado de la funcionalidad del segmento.

Entrada de energía			
Energía eléctrica	204,77 kWh	Gastos generales de energía: Energía para calefacción, iluminación... en adición al proceso de energía	Moderada 100%
Materiales		Reciclaje parcial de materiales	
Volumen de producción (unidad/ piezas por año)		10-10000	
Entrada de materiales auxiliares y de procesos peligrosos para el medio ambiente por unidad producida		Bastante más	
Porcentaje de partes externas		10-30%	
Distancia de transportación para partes externas por unidad		Larga	
Promedio de transportación por distribución de producto Medio de transportación		Distancia de transportación (km)	
Barco contenedor		16213	
Camión		169.5	
Camioneta		382,5	
Tipo de embalaje		Embalaje desechable	
Frecuencia de uso		305 usos por año	
Consumo de energía eléctrica por uso (del tomacorriente)		2,17 kWh	
El producto es potencialmente peligroso para el medio ambiente ante una disposición final inadecuada o en el caso de daño.		Probable	

Tabla 2. Proceso de manufactura, distribución y uso del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

En la siguiente tabla (3) se especifica el fin de ciclo y su disposición final de los materiales, siendo muchos reciclados, reutilizados y otros desechos peligrosos.

Partes del producto	Masa (kg)	Material	Disposición
Compresor	18	Hierro	Reciclaje
Condensador	4,5	Aluminio	Reciclaje
Evaporador	4,5	Aluminio	Reciclaje
Motor ventilador	3,5	Aluminio	Reciclaje
Tarjeta electrónica	0,5	Poliestireno y resina epóxica	Desperdicio peligroso
Plásticos varios	4,5	Polietileno	Desperdicio peligroso
Cañerías	0,3	Cobre	Reúso
Gas refrigerante	1,1	R410A	Desperdicio peligroso
Partes del embalaje	Masa (kg)	material	Disposición
Empaque 1	1,05	Chapa de acero	Reciclaje
Empaque 2	0,15	Poliestireno expandido	Desperdicio peligroso
Empaque 3	0,5	Cartón	Reciclaje

Tabla 3. Fin de ciclo de vida del producto

Fuente: Ecodiseño PILOT

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado el análisis de ciclo de vida de la cuna a la cuna, se generaron estrategias a seguir para la optimización de la fabricación, funcionalidad y la disposición final del producto, así, como estrategias de alta prioridad se debe garantizar el desempeño de la seguridad ambiental y reducir el consumo en la etapa de uso; estrategias adicionales como la optimización de la funcionalidad del producto, mejorando el mantenimiento; y además, estrategias a futuro como la optimización del tipo y la cantidad de materiales de proceso y la adquisición ecológica de componentes externos.

Los resultados del cálculo de la huella de carbono referente al producto del sistema de aire acondicionado tipo split de 12000 BTU convencional, se observan en la tabla 4.

Componentes	Materiales	Peso(Kg)	Peso total por producción anual (Kg.)	Peso total por producción anual (Ton.)	Kg CO <sub>2</sub> e, por cada tonelada de materiales	Kg CO <sub>2</sub> e, por cada tonelada producida (4500 Unid.)	Ton. CO <sub>2</sub> e, x Ton. producida (4500 Unid.)
Condensador	Aluminio	4,5	20250	20,25	12870,64	260630,387	260,63
Evaporador	Aluminio	4,5	20250	20,25	12870,64	260630,387	260,63
Motor ventilador	Aluminio	3,5	15750	15,75	12870,64	202712,523	202,71
Compresor	Hierro	18	81000	81	4302,56	348507,206	348,51
Tarjeta electrónica	Poliestireno	0,5	2250	2,25	3779,00	8502,750	8,50
	Fibra	0,5	2250	2,25	895,00	2013,750	2,01
Caracasa de unidad interior	Polietileno HD	4,5	20250	20,25	3177,38	64341,900	64,34
Carcasa de unidad exterior	Chapa de acero	1,05	4725	4,725	3000,64	14178,007	14,18
Empaque1	EPS	0,15	675	0,675	3779,00	2550,825	2,55
Empaque 2	Cartón	0,5	2250	2,25	842,58	1895,797	1,90
Gas refrigerante	R410 A	1,1	4950	4,95	2088000,00	10335600	10335,60
Total		38,8	174600	174,6	2146388,06	11501563,53	11501,56

Tabla 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> producido por equipo

Considerando la fabricación, la distribución y el uso de los componentes del producto aire acondicionado, se pudo cuantificar las emisiones del dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, teniendo que el gas refrigerante presenta la mayor huella de carbono (10335,60 Ton CO<sub>2</sub>) equivalente por tonelada producida (4500 unidades).

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte marítimo, por transporte terrestre en Truck, terrestre en distribución y por el equipo en operación, la tabla (5) las detalla.

Transporte marítimo										
Componentes del sistema de aire acondicionado	Distancia Ecuador – China	Equivalencia de la milla por cada Km	Carga máxima (TEUS)	Componentes del sistema de aire acondicionado	Factor de emisión del diésel Kg CO <sub>2</sub> (Container ship 1000–1999 TEU)	# de viajes anual	Emisión Anual de CO <sub>2</sub> eq. por total de la producción-			
12000 BTU	Km	Equivalencia de la milla por cada Km	TEU	Ton.	Tonne.km	1	Kg CO3		Ton CO2	
	16213	0,62	1080	174,6	0,032547		92133715,62		92133,72	
Transporte terrestre										
Componentes del sistema de aire acondicionado	Distancia de Guayaquil – Cuenca	# de Viajes	Peso total por producción del sistema	Carga máxima (motor 404 HP)	Factor de emisión Kg CO <sub>2</sub> e	Emisión Anual de CO <sub>2</sub> por transporte				
12000 BTU 169	Km		Ton	Kg	Ton. Km	Kg		Ton CO2		
	174,6	7	24000	0,07621	15741312,68	15741,31				
Transporte terrestre en distribución										
Componentes del sistema de aire acondicionado	# de viajes	Distancia a nivel nacional	Peso total por producción del sistema	Capacidad de Carga máxima	Factor de emisión Class III (mayor a 3.5 tonnes a 17 Ton.)	Emisión Anual de CO <sub>2</sub> por transporte del sistema				
12000 BTU		Km	Ton	Kg	Ton.Km	Kg CO <sub>2</sub>		Ton CO <sub>2</sub>		
	10	332,7	174,6	17000	0,55286	321153167,4		321153,2		
Equipo en operación										
Capacidad (btu)	i=w*h consumo (w/h) o (kw/h)	Horas diarias	Días laborales/ mes	Meses/ año	Consumo/ año (kw/h)	Coefficiente de consumo global eléctrica de equipos	Kg CO <sub>2</sub> e emitidos por kw-h x unidad producida	Kg CO <sub>2</sub> e emitidos por kw.h x unidad producida	Kg CO <sub>2</sub> e emitidos por KW-anual X prod. Total	Ton.CO <sub>2</sub> eq. Por KW-h anual Total de unid.
12000	1,3	8	20	12	3120	1,25	0,15	2106000	9477000000	9477000

Tabla 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte marítimo, terrestre en Truck, terrestre en distribución y por equipo en operación

Fuente: Autores

La emisión de CO<sub>2</sub> más alta recae en el transporte marítimo (92133,72 Ton CO<sub>2</sub> e) de emisión anual por total de la producción, sin embargo, el equipo en operación (aire acondicionado) genera altas emisiones de CO<sub>2</sub> (9 477 000) por Kwh en el año.

La huella de carbono del producto en su fase de producción y por su unidad funcional se aprecia en la tabla (6).

Por producción			Por unidad funcional		
Huella de carbono del sistema de aire acondicionado convencional 12000 BTU	Ton. CO <sub>2</sub> equivalente. anual x total de unidades	Ton. CO <sub>2</sub> equivalente. cuna a la puerta anual * unidad funcional	Ton. CO <sub>2</sub> equivalente * unidad funcional (Cuna a la puerta)	Ton. CO <sub>2</sub> equivalente. (Cuna a la cuna) anual * unidad funcional	Ton. CO <sub>2</sub> equivalente. Ciclo de vida (años)
Fabricación del equipo	11501,56		2,56		
Transporte marítimo	92133,72		20,47		
Transporte terrestre por importación	15741,31		3,50		
Transporte terrestre por distribución	321153,17		71,37		
Energía requerida durante su operación	9477000,00		2106,00		
<b>Total de CO<sub>2</sub></b>	<b>9917529,76</b>	<b>2203,90</b>	<b>2203,90</b>	<b>16848,00</b>	<b>19051,90</b>

Tabla 6. Huella de carbono del sistema de enfriamiento por producción y por unidad funcional

Fuente: Autores

La huella de carbono más alta que genera el producto corresponde a la etapa de producción, cuando la energía requerida para su operación es el valor más alto (9 477 000 Ton CO<sub>2</sub>) equivalentes por total de unidades producidas en el año, mientras la unidad funcional emite 19051,9 Ton CO<sub>2</sub> equivalentes al ciclo de vida del producto que es de 10 años.

Como parte del análisis de ciclo de vida el producto es considerado de tipo D respecto al software Ecodesign Pilot, es decir el consumo intensivo de energía y materiales durante el uso, dominando el desempeño ambiental del producto. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de las 4500 unidades producidas anual es de 11 501,6 Ton CO<sub>2</sub> equivalente. Las emisiones por transporte son significativas alcanzando 429.124,3 Ton de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente por las 4500 unidades producidas anualmente. En relación con el uso del sistema de frío, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por el total de 4500 unidades en operación anual es de 2'812.320,0 Ton CO<sub>2</sub> equivalente considerando 8 horas diarias por 20 días y 365 días año. La huella de carbono por la unidad funcional de aire acondicionado de 12000 BTU de capacidad, es de 722,88 Ton de CO<sub>2</sub> equivalente por año.

En la figura 1 se muestra el consumo energético del producto por unidad funcional.



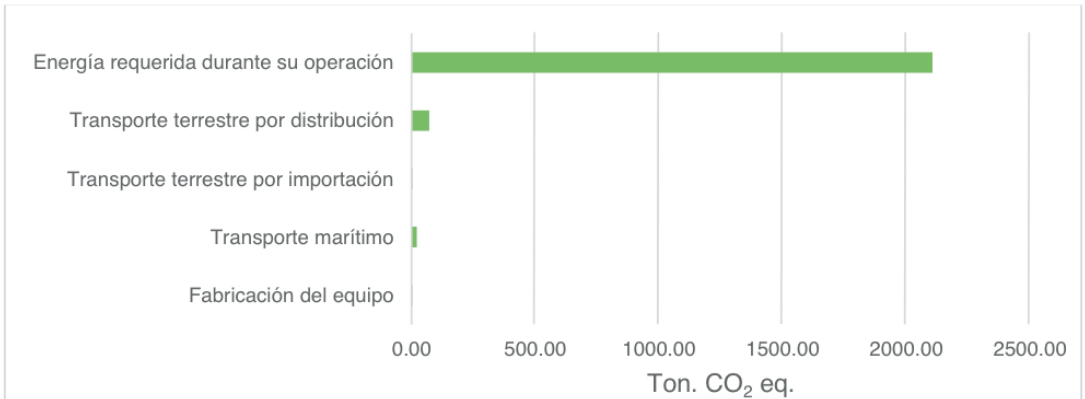


Figura 1. Huella de carbono del aire acondicionado tipo split 12000 BTU

Fuente: Autores

En este sentido, el análisis de ciclo de vida de la cuna a la cuna abordado por el simulador de Ecodesign PILOT, arroja el dato de la categoría de impacto del tipo de uso intensivo respecto al consumo de energía y materiales en su proceso de manufactura de sus componentes que conforman el sistema, así como también del gas refrigerante que es utilizado como medio de transformación para ceder la energía de una fuente a otra con un consumo energético de 11501,56 Ton de CO<sub>2</sub> equivalente anual que corresponde al total de los componentes e insumos de fabricación. Ante esto se sitúa la Organización de las Naciones Unidas referente a la paz, dignidad e igualdad en un planeta sano, presenta los desafíos del cambio climático entre los cuales figura la huella humana sobre todo en la presencia de los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo el gas de mayor concentración en la atmósfera constituyendo aproximadamente los dos tercios de la presencia de otros gases (ONU, 2021).

Por otra parte, el protocolo de Kyoto corresponde a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo “reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y otros tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos(PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)” (Manos unidas, 2021).

En concordancia, la Cumbre sobre la Acción Climática ONU en 2019 acogió nueve áreas de acción prioritarias y nuevos compromisos significativos y concretos para combatir la crisis climática, considerando soluciones y planes concretos en materia de transición global hacia las energías renovables, infraestructuras y ciudades sostenibles y resilientes, agricultura y ordenación sostenible de océanos y bosques, resiliencia y adaptación a los

impactos climáticos y convergencia de financiación pública y privada con una economía de emisiones netas cero.

En el mismo contexto también, el Acuerdo de París menciona el uso de nuevas tecnologías mejorando la eficiencia energética, productos, implementación de soluciones ecológicas, industria sostenible con la reducción de emisiones de carbono y el desarrollo de buenas práctica de manufactura y mantenimiento de los equipos de aires acondicionados, así como también en la correcta manipulación de los gases refrigerantes CFC, HFC por ser gases potenciales de efecto invernadero y deteriorantes de la capa de ozono (BBC NEWS, 2021), (Benavides & y León, 2007).

Siendo así, se torna muy importante el desarrollo de equipos de alta eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida del sistema de climatización desde la materia prima hasta su punto de operación que en este caso particular la energía necesaria para su funcionamiento es significativo. La evaluación de impacto ambiental de los productos se fundamenta en los resultados obtenidos, permitiendo conocer el nivel de contaminación ambiental y optar por nuevos productos bajo nuevas estrategias que generen menor impacto al medio ambiente, mejorando los productos de pequeña, mediana y gran escala de consumo aportando a la industria y su competitividad en el mercado, en síntesis el diseño industrial debe ser igual a eco diseños que armonicen los criterios ambientales con los diseños de los productos con el objetivo de satisfacer las necesidades de la sociedad y cuidando el medio ambiente (ECO inteligencia, 2015).

## 4 | CONCLUSIONES

Como conclusiones del presente estudio de ecodiseño de un sistema de aire acondicionado de 12000 BTU de capacidad de enfriamiento, se ha podido aportar con información relevante sobre la huella de carbono que genera la fabricación y el uso de este producto, en tal virtud, el análisis de ciclo de vida determinó una categoría de impacto ambiental de tipo “D” relacionado con los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, denotando un alto consumo energético, que promueve el calentamiento global.

Es fundamental entonces, la consideración de estrategias de seguridad ambiental como la reducción del uso de este tipo de sistema de enfriamiento debido las altas emisiones de CO<sub>2</sub> que emite a la atmósfera; además se recomienda desarrollar mantenimiento preventivo tecnificado, tendiente a disminuir el correctivo y consecuentemente reducir posibles fugas de gas refrigerante del sistema, por otra parte se debería adquirir tecnologías de vanguardia que permitan controlar el proceso de operación eficiente del sistema.

## REFERENCIAS

Angel Avadí, C. B. (2015). Life cycle assessment of Ecuadorian processed tuna. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 1-14.

BBC NEWS. (21 de 03 de 2021). *Gases CFC en la atmósfera*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48390390>

Benavides, H., & León, G. (2007). *INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Quito-Ecuador: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

ECO inteligencia. (22 de 09 de 2015). *Ecodiseño en la industria*. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2015/09/ecodisenio/>

Ecodesign pilot corporation. (2020). *Seitenan fang diseño y derechos reservado de Vienna TU Instituto para Diseño Ingenieril - ECODISEÑO*. Obtenido de <http://pilot.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/INDEX.HTM>

FAO. (2019). *fao.org*.

Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. (2013). *Cambio Climático*. GI7: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ISBN 978-92-9169-338-2.

INEN. (2014). *Gestion Ambiental: Análisis de Ciclo de Vida Principio y Marco de Referencia*. Quito, Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (1986). *reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo*. Quito - Ecuador.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (12 de 03 de 2021). *Meteorología e Hidrología en Ecuador*. Obtenido de <https://www.serviciometeorologico.gob.ec/dir-de-informacion-hm/>

Inventories, T. F. (2006). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Estados Unidos.

Malagón, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación Ambiental- Fundamentos Básicos*. 1 era. Edición ISBN: 978-84-615-1145-7.

Manos unidas. (1 de octubre de 2021). *Cambio climático Protocolo de Kyoto*. Obtenido de [manosunidas.org: https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/protocolo-kioto](https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/protocolo-kioto)

Muñoz, R. y Macías, T. (2019). Sistema de refrigeración eco sustentable. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, Vol. 3 No. 2, August 2019, pages: 1-11.

Muñoz, R. y Macías, T. (2020). Life Cycle of 240 mL Insulated Beakers. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 1-11.

ONU. (2021). *Ecodiseño para el Desarrollo Industrial*. Viena, Austria: Naciones Unidas.

ONU. (2021). *PAZ, dignidad e igualdad en un planeta sano*. Estados Unidos de América: ONU.

Organizacion de las Naciones Unidas. (2021). *Cambio Climático*. Estados Unidos.

Ramírez, A., Rivela, B., Boero, A., & Melendres, A. (2018). Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity. *ELSEVIER*, 11.

Social Market Foundation. (21 de 03 de 2021). *Servicios Públicos*. Obtenido de <https://www.smf.co.uk/>

Universidad de Warwick. (13 de 03 de 2021). *University of Warwick*. Obtenido de <https://www.universia.net/cl/universidades/university-of-warwick.01831.html>

# SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE HUMOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Adrián Adalberto Hernández Solís**  
<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

**Eder Israel Chinga Muentes**  
<https://orcid.org/0000-0002-8708-7297>

**Teresa Viviana Moreira Vera**  
<https://orcid.org/0000-0001-9868-3652>

**Carlos José Junquí Vélez**  
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

## WELDING FUME EXTRACTION SYSTEM FOR INDUSTRY

**RESUMEN:** La investigación se centra en el diseño de un sistema de extracción localizado de gases de soldadura, generados de los diversos procesos de la industria metalmeccánica, para contribuir a las condiciones del medio ambiente de trabajo, mejorando la calidad del aire de la planta. Como metodología se hizo uso del enfoque

cuantitativo y diseño experimental de campo, fuentes primarias y secundarias de información aplicadas al taller de soldadura de la carrera de Electromecánica, la guía de ventilación y aire acondicionado, la carta psicométrica a presión barométrica a nivel del mar, el diagrama de ASHRAE y el manual técnico de ventilación de Soler Palau. Como resultados se obtuvo una velocidad de captura de acuerdo a la aplicación en sistemas de extracción – ventilación industrial de 75 Ft/min, un rango de velocidad de transporte de gases y humos en sistemas de extracción – ventilación industrial de 1800 Ft/min, condiciones de diseño mecánico del sistema de extracción de gases estableciendo criterios y parámetros como la potencia efectiva del ventilador en 0,3 HP y las especificaciones técnicas del sistema de extracción que evidencian un consumo energético de 0,29 Kw-h trabajando a una temperatura exterior promedio de 32.5 °C. Se pudo concluir que el diseño del sistema de extracción de humos para la industria metalmeccánica es de bajo consumo energético, amigable con el entorno medio ambiental y con su ciclo de vida contribuyendo a un buen ambiente laboral.

**PALABRAS CLAVES:** gases, humos, energía, extracción, industria metalmecánica.

## 1 | INTRODUCCIÓN

Las operaciones específicas de soldadura están ampliamente extendidas dentro del ámbito industrial (Castejón & Renóm, 1982). Como consecuencia de estas operaciones, el soldador está frecuentemente expuesto a gases de soldadura que en su composición se manifiestan como óxidos de hierro, cobre, cromo, níquel, manganeso, cobalto, aluminio, molibdeno, titanio, tungsteno y el vanadio, entre otros, pues el origen de estos contaminantes se encuentra en el material soldado (material base o su posible recubrimiento), el material aportado (metal de aporte, escorificantes, fundentes, desoxidantes, gas de protección), y en el aire que constituye el entorno de la zona de soldadura (origen en parte de los gases nitrosos, ozono y monóxido de carbono).

Así mismo el potencial como riesgo para la salud del trabajador está asociado a las sustancias presentes en el aire como el VLA, lo que determina valores de concentración de una sustancia a la que los trabajadores pueden exponerse varias veces a lo largo del tiempo (Sandoval, 2013), de allí que, la importancia del sistema de extracción de gases en la industria, con base en la soldadura, radica en el mejoramiento de las condiciones del entorno laboral del trabajador, pues al implementar un sistema se mejoraría las condiciones ambientales del aire en el área de trabajo permitiendo desarrollar con normalidad las actividades diarias de la producción y garantizando la salud del hombre y mejorando la productividad de la empresa (Social, 1986).

Por otra parte, el estudio sobre diseños de estos sistemas de control implica el contar con parámetros técnicos necesarios para absorber la mayor cantidad de caudales de gases con la eficiencia esperada considerando la velocidad de captura y la velocidad de transporte cuyas variables permiten retirar o remover y transportar gases con el consumo de energía mínima requerida y por consiguiente menor cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, apegándose a la eco eficiencia y cuidado del medio ambiente. La aplicación de estos sistemas de ventilación-extracción localizada se hace necesario en espacios como las cocinas, talleres de electromecánica o metalmecánica, entre otros, siendo la extracción en origen la forma más efectiva de capturar y reducir la mayor cantidad del humo o gases del recinto laboral (Mendez, 2015).

A nivel mundial las ciudades son uno de los factores que contribuyen al cambio climático, el consumo de energía esta alrededor del 78%, produciendo más del 60 % de emisiones de gases de efecto invernadero de acuerdo a un informe del Panel intergubernamental del cambio climático, por sus siglas en inglés (IPCC, 2019) citando el

incremento del 1,5°C (Unidas, 2018), así mismo el sector de la Industria ha ido evolucionando en función a las necesidades de las ciudades y con ello el incremento de maquinarias por aumentar la producción y que a su vez se debe llevar por obligación el cumplimiento de legislaciones y normativas vigentes con respecto al cuidado de la salud ocupacional del personal de las empresas que generan alteraciones en el medio como el incremento de temperatura, humedad, velocidad e intercambio de aire de los diversos procesos sean estos por procedimientos de soldaduras, gases calientes por cocción, casetas de pintura (Malaganes, 2011), así como otras gases nocivas para el ser humano y para el ambiente (Cooper & Alley, 2013) como el óxido de hierro, manganeso, cromo, níquel, cobre, zinc, monóxido y dióxido de carbono, entre otros (Vasco, 2009).

Ante lo expuesto, el objetivo de la investigación consiste en el diseño de un sistema de extracción localizada de gases de soldadura derivados de los procesos de producción en la industria metalmeccánica, como una contribución al mejoramiento de la calidad de aire del galpón industrial, que debido al encierro y la baja renovación ocasiona que se contamine el recinto laboral y dificulte realizar las actividades de producción.

## **2 | MATERIALES Y MÉTODOS**

Se aplicó el método experimental, de campo, cualitativo y cuantitativo del sistema, (Roberto Hernández Sampieri, 2014), basados en las variables de tipos de gases a extraer por parte de la industria y sus efectos contaminantes a la salud.

La fuente primaria de información ha sido adquirida por colaboradores del taller de Soldadura de la carrera de Electromecánica del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías; y para la fuente secundaria se utilizó la guía de ventilación y aire acondicionado (Engineer, Refrigerating and Air Conditioning, 1959), carta Psicométrica a presión barométrica a nivel del mar y el diagrama de ASHRAE (American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Ashrae, 2004) y el manual técnico de ventilación de Soler Palau (Palau, 2021).

### **2.1 Diseño del sistema de extracción de gases de soldadura**

Para el diseño del sistema de extracción de gases de soldadura en procesos productivos de metalmeccánica se procede a evaluar los criterios de ingeniería como el tipo de ventilación, tipo de campana, aplicación en la Industrial, necesidad por reducción de calor y gases nocivos para la salud, velocidad de captura de gases, velocidad de transporte, manejo de caudal Total, tipos de gases a extraer y selección de motor de alta eficiencia

(Sandoval, 2013). Para lograr este objetivo de diseño, se seleccionó un primer material (www.acerocomercial.com, 2020) detallado en la tabla 1.

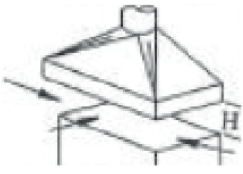
Tipo de campana	Descripción	Factor de forma W/L	Caudal
	Campana elevada	Adaptada a la operación	Q= 1,4 PVH

Tabla 1. Tipo de campana de extracción a diseñar

Fuente: Muñoz, Macías, Hernández, Chinga y Mejía (2021)

En la tabla 2 se puede observar los demás materiales (Siemens, AG, 2003), (Siemens, 2011) empleados.

Descripción	Cantidad
Plancha galv.1220x2440x0.90mm	3
Plancha galvanizada 1.220x2.440x0.7	2
Ventilador Inducido ½ Hp 220 V	1
Ventoleras 1/8 X L	32
Auxiliares de contactores	2
Contactores de 9 amp de 220v	2
Interruptor termomagnetico 9 amp de 220v	2
Relé térmico de regulación de intensidad rango 6-12 Amp.	2
Pulsadores de marcha y paro	3
Sensor de temperatura y humedad interior	1
Sensor de temperatura y humedad exterior	1
Logo versión 8	1
Módulo de entrada para sensores de temperatura	2
Selector	1
Luces piloto encendido/apagado	3
Display 6" HDMI	1
Caja para Gabinete de control y Fuerza	1
Cable #12 para gabinete contactores, relé térmico	10mts
Cable #14 para gabinete, pulsadores, luces piloto, auxiliares	5 mtrs



Cable de datos	10 mtrs
Silicona	2
Lana de vidrio	5

Tabla 2. Materiales y equipos para la elaboración del prototipo del sistema de extracción de gases

Fuente: Elaboración propia.

a. Diseño mecánico del sistema de extracción de gases

En función a los criterios de diseño de ingeniería se diseña por medio de software Autocad 2020 el prototipo mecánico del sistema de extracción con sus respectivas medidas de cada sección que conforma el equipo de control. El sistema de extracción consta de un ducto central medular que conecta la parte superior donde se encuentra el ducto de salida de gases y el motor eléctrico, en la parte inferior se deriva en dos ramales por medio de 2 reductores de sección y en los extremos de los ramales se encuentra las campanas de extracción, así mismo el sistema fue aislado térmicamente para evitar la transferencia de calor de los gases calientes de soldadura (Cobos, 2018).

Para la asignación de datos de diseño del sistema, se consideró el caudal total manejado más el 10% por factor de seguridad del sistema en función a la velocidad de captura y de transporte bajo la generación del contaminante y la aplicación dados en (Ft/min), posterior a esto, se desarrolló el diámetro hidráulico ( $D_h$ ), considerando la siguiente ecuación:

$$D_h = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (1)$$

Así mismo se determinó la velocidad de presión, respecto a la nueva velocidad con la ecuación (2), a continuación:

$$VP = \left( \left( \frac{V}{4005} \right)^2 \right) \quad (2)$$

Como el fluido tratante es el aire, el peso de la columna de aire es significativa, el cabezal Z respecto a la altura es despreciado, quedando la ecuación con los cabezales dinámicos y estáticos representados por la ecuación (3) siguiente:

$$\frac{P_1}{\rho g} + V_1^2/2g = \frac{P_2}{\rho g} + V_2^2/2g \quad (3)$$

Con el nuevo CFM y el diámetro hidráulico, se obtuvo la pérdida por fricción en pulgadas de agua por 100 Ft. ( $h_e$ ), a partir de este método de cálculo se determinaron todas las pérdidas tanto por accesorios, ramales, y campana dando una sumatoria  $\sum h_e$ .

Por otra parte, la presión estática está en función a la velocidad de presión y a la sumatoria de  $h_e$ . Para la selección del motor del sistema de extracción de gases de soldadura se precisó realizar un balance de energía en base a la siguiente ecuación (4):

$$\rho_w h_w = \rho_a h_a \quad (4)$$

Para hallar los caballos fuerza del motor HP, se utilizó la ecuación (5):

$$W_v = \rho \cdot g \cdot V \quad (5)$$

El prototipo en vista frontal en 2D, se muestra en la figura 1, a continuación:

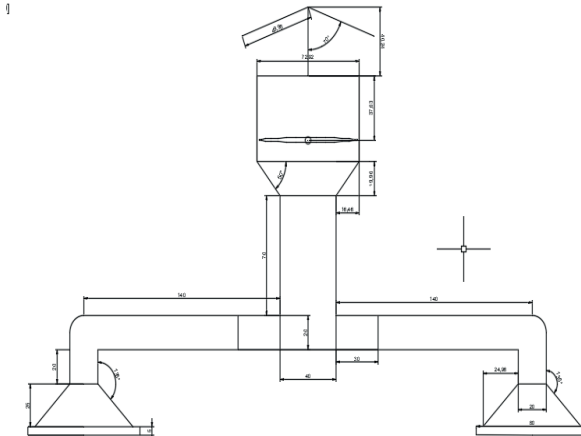


Figura 1. Vista frontal del sistema de extracción de gases

Fuente: Elaboración propia.

Consecuentemente, se puede observar al prototipo en vista superior en la figura 2 siguiente:

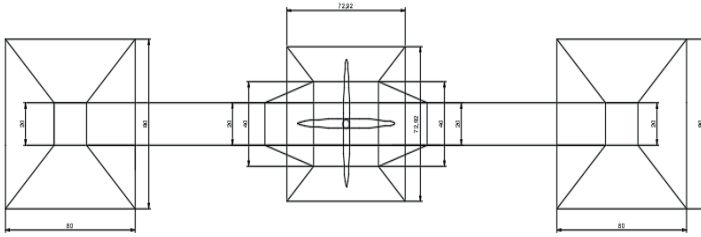


Figura 2. Vista superior del sistema de extracción de gases

Fuente: Elaboración propia.

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el marco del diseño bajo criterios de ingeniería en ventilación y aire acondicionado industrial se detallan los siguientes datos a continuación:

Los resultados obtenidos muestran la velocidad de captura de acuerdo a la aplicación en sistemas de extracción – ventilación industrial, el rango de velocidad de transporte de gases y humos en sistemas de extracción – ventilación industrial, las condiciones de diseño mecánico del sistema de extracción de gases y las especificaciones técnicas del sistema de extracción. En la tabla 3 se detalla la velocidad de captura.

Generación de contaminantes	Aplicación	Velocidad de captura
Alta velocidad	Limpiado abrasivo, gases de soldadura, desgaste de tambores rotativos, etc.	75 Ft/min

Tabla 3. Velocidad de captura de acuerdo a la aplicación en sistemas de extracción – ventilación industrial

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 permite observar otro aspecto de la velocidad en sistemas de extracción de gases y humos.

Generación de contaminantes	Aplicación	Velocidad de captura
Vapores y humos	Limpiado abrasivo, gases de soldadura, desgaste de tambores rotativos, etc.	1800 Ft/min

Tabla 4. Rango de velocidad de transporte de gases y humos en sistemas de extracción – ventilación industrial

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se puede visualizar los criterios y parámetros considerados en el diseño.

Criterio de Diseño	Parámetros
Tipo de extracción	Localizada tipo campana elevada
Aplicación	Talleres de metalmecánica Industrial
Tipo de difusión	Por mezcla - difusores lineales
Tipo de ventilador seleccionado	centrífugo
Coefficiente por pérdida de carga	0,20 VP
Caudal manejado por el sistema	827 ft <sup>3</sup> /min.
Relación ducto W/D	1:1
Velocidad de captura de gases	75 FPM
Velocidad de transporte	1800 FPM
Diámetro hidráulico ducto principal	16" pulg
Diámetro hidráulico ducto por ramal	9 " pulg.
Velocidad Q/A	1,400 ft/min.
Presión de velocidad (VP)	0,20" col. H <sub>2</sub> O
Presión estática (SP)	0,61" col. H <sub>2</sub> O
Pérdida de presión total (He)	0,81" col. H <sub>2</sub> O
Cabezal de aire (H <sub>a</sub> )	44,36 Ft
Potencia efectiva del ventilador (HP)	0,3 HP

Tabla 5. Condiciones de diseño mecánico del sistema de extracción de gases

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6 siguiente muestra los componentes técnicos del diseño.

Descripción	Parámetros
Altitud de diseño	100 msnm
Temperatura exterior promedio	32.5 °C
Consumo energético	0,29 Kw-h
Voltaje	220 V
Nivel de presión acústica	85 dBA
Tipos de gases a extraer	Gases a extraer: Óxido de Hierro, Manganeseo, cromo, níquel, cobre, Zinc, monóxido y dióxido de carbono

Tabla 6. Especificaciones técnicas del sistema de extracción

Fuente: Elaboración propia.

En función a la importancia de desarrollar sistemas de extracción para el correcto manejo de contaminantes (Arroyo, 2018) que se pueden dar en diversos procedimientos productivos por parte de la industria particularmente se ha citado en otros estudios características de funcionamiento así como criterios técnicos presentados por trabajos de la Universidad Central en la facultad de la ingeniería mecánica de Caracas - Venezuela (Astele, Dante, Pérez, & Miguel, 2003), considerando el diseño de campana para fuentes calientes, velocidad de captura del contaminante así como el de transporte, caudal manejado por el sistema pérdidas de carga en el sistema, condiciones del área laboral, entre otros, cuyos parámetros de selección se refleja en el estudio presente en talleres de metalmecánica en Portoviejo – Ecuador como el caso de la velocidad de captación de gases de soldadura en rango de 50 a 100 ft/min, y la velocidad de transporte por contaminantes o equivalente en el rango de 1400 a 2000 ft/min.; además, en cuanto a la selección del ventilador, ambos estudios consideran los valores de caudales y la pérdida de presión total que se genera en el interior del sistema de extracción localizada.

Por otra parte, constatan con otros estudios en generar estudios de ventilación en los procesos industriales para el mejoramiento de calidad de aire a través de la entrega de aire limpio, humidificado y bajo temperatura controlada de manera directa en el área de producción por parte de los trabajadores según lo expuesto por (Zhou & Kim, 2012).

## **4 | CONCLUSIONES**

Se pudo obtener datos de mayor precisión ajustados a las condiciones ambientales y laborales para el diseño y eficiencia, en respuesta al mejoramiento laboral y atendiendo a la normativa del decreto 2393 expedido por el comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). El diseño ingenieril establecido en el estudio, es un sistema que consume lo requerido estrictamente en consumo de energía, lo cual significa que es un sistema amigable en su fase de producción y utilización a lo largo de su ciclo de vida.

Es un sistema amigable con el medio ambiente, de bajo consumo energético, que coadyuva a mejorar la calidad de aire del recinto reduciendo las concentraciones y temperatura. Su nivel de presión acústica está alrededor de los 85 dBA acorde con la legislación ecuatoriana permisible durante 8 horas continuas. El sistema mejora las condiciones laborales, pudiendo incrementar la productividad, y contribuye a la garantía de las condiciones laborales hacia el trabajador en el cuidado de la salud.

## REFERENCIAS

Arroyo, F. V. (2018). *Salud y Seguridad Laboral en ambientes*. Madrid España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Ashrae, S. (2004). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta - USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.

Astele, V., Dante, R., Pérez, V., & Miguel, A. (2003). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE HUMOS DE LOS*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

Castejón, E., & Renóm, J. (1982). *NTP 7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos*. [https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp\\_007.pdf/4adef842-6037-4634-898c-5e91a5aa128a](https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_007.pdf/4adef842-6037-4634-898c-5e91a5aa128a)

Cobos, N. J. (2018). *Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la fundación Salesiana*. Cuenca- Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana .

Cooper, C., & Alley, F. (2013). *Air pollution control- fourth edition*. New York - Estados Unidos.

Ecodesign pilot corporation. (2020). *Seitenan fang diseño y derechos reservado de Vienna TU Instituto para Diseño Ingenieril - ECODISEÑO*. <http://pilot.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/INDEX.HTM>

Engineer, Refrigerating and Air Conditioning. (1959). *Guía de Ventilación Industrial y Aire Acondicionado*. Estados Unidos.

Malaganes, M. D. (2011). *Medio Ambiente y Contaminación*. ISBN: 978-84-615-1145-7, 119.

Mendez, J. (2015). *Extractores de Soldadura de Humo en Espacios Confinados*. <http://sentryairsystemsmexico.blogspot.com/2015/08/extractores-de-soldadura-de-humo-en.html>

Palau, S. (2021). *Manual práctico de ventilación*. Mexico D.F.

Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2014). *Metodología de la investigación 6 ta. Edición*. México DF: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A DE C.V.

Sandoval, J. A. (2013). *Sistema de ventilación por extracción localizada*.

Siemens. (2011). *Control Industrial*. USA: División Digital Factory.

Siemens, AG. (Junio de 2003). *Logo*. [www.siemens.com/logo/](http://www.siemens.com/logo/)

Social, I. E. (1986). *Seguro General de Riesgo en el Trabajo*. Quito Ecuador.

Unidas, O. d. (2018). *Calentamiento Global* . USA-CHINA-GRAN BRETAÑA: Grupo Intergubernamental de eertos sobre el Cambio Climático.

Vasco, O. I.-O. (2009). *El Soldador y los Humos de Soldadura*. VASCO-BRASIL: Helvética Publicidad S.L.

[www.acerocomercial.com](http://www.acerocomercial.com). (2020). <http://acerocomercial.com/productos/genéricos/tubería-y-accesorios>

Zhou, J., & Kim, C. (2012). Efecto de la ventilación personalizada en la calidad del aire interior para un ocupante interior con emisión de COV de la alfombra. *Revista de ciencia y tecnología mecánica*, 12.

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE NAVES INDUSTRIALES

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Fausto Roberto Andrade Badillo**  
<https://orcid.org/0000-0001-6949-6591>

**Adrián Adalberto Hernández Solís**  
<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

**Roque Alexander Mendoza Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0001-7659-8975>

**Carlos José Junquí Vélez**  
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INDUSTRIAL SHIP CONDITIONING SYSTEM

**RESUMEN:** El presente proyecto se basa en el diseño y construcción de un sistema de acondicionamiento de aire Industrial para el mejoramiento del confort térmico laboral de los trabajadores que por diversas razones existe la tendencia del incremento

de temperatura corporal sean estos por las máquinas, equipos o las mismas actividades de trabajo, lo que incide en el desempeño productivo y posibles riesgos de salud. Durante el desarrollo se estudia la selección de los equipos mecánicos como el ventilador, bomba de agua, ductos de transportación de ventilación corroborando con altos índices de eficiencia Energética. Ante lo expuesto la alternativa socio económico ambiental se opta por la implementación del sistema de acondicionamiento tipo evaporativo, propicio para trabajar en lugares abiertos con el propósito de bajar la temperatura por la mano de obra y la tecnología instalada en las áreas de producción, así como también la extracción de humos derivados de los procesos productivos. La importancia del sistema de acondicionamiento evaporativo es derivar los mecanismos adecuados para aprovechar la transferencia de calor en superficie de un panel y serpentín de cobre y aluminio por medio del agua, y así aprovechar su diferencial de temperatura alcanzando los 25°C, con una humedad promedio de 66% y un consumo energético de 0.29 KW/h. Para la obtención de resultados se aplicó el método experimental de campo, muestreo



aleatorio por racimo, aplicación de fichas de observación experimental para el levantamiento de información diagnóstico de la situación actual del medio y del equipo.

**PALABRAS CLAVES:** acondicionamiento, confort térmico, evaporación, desempeño productivo, eficiencia energética.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El acondicionamiento de tipo evaporativo es un fenómeno natural que está presente en el medio ambiente debido al contacto que tiene el agua con el aire circundante logrando el intercambio de temperatura entre las dos fuentes, adquiriendo una reducción de temperatura final. (Flores, 2011).

El confort térmico es importante dentro del medio industrial y servicio, pues el avance tecnológico continuo hace imprescindible el entender y operar equipo o sistemas eco sustentables aportando a los recursos abióticos.

En decreto ejecutivo 2393 del Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores en el artículo 54 nos indica que en los ambientes de trabajo por efecto de las máquinas y labores en los procesos productivos no debe de superar los valores máximos de temperatura permisible para el trabajador que está entre los 35 y 37°C, y si esta temperatura tiene aumentar deberá de incorporar aislantes para la reducción de calor de las máquinas o implementar sistemas climatizadores en los recintos. (IESS, 1986).

En la época de verano específicamente se alcanzan temperaturas elevadas, en la actividad industrial como en servicios sociales, alrededor del 34°C promedio el calor, temperatura del recinto entre 20 a 27°C y humedad entre el 30 y 70%; (Company, 2016) el humo y características generales ambientales caracterizan jornadas laborales duras y de cansancio logrando el decrecimiento en la producción de los trabajadores, siendo estos aspectos importantes de resolver para alcanzar nivel adecuados de productividad competitiva y así mismo responder a la legislación ambiental local e internacional.

Por otra parte, es importante mencionar que estos sistemas evaporativos cumplen la función de aireadores y enfriadores en áreas de producción con parámetros de alta eficiencia correlacionando con la normativa de eficiencia energética por la comisión europea, fundamental en muchos de los casos por la generación de gases productos de los procesos de fabricación lo que a su vez hace posibles sumideros peligrosos para la salud.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo – Manabí – Ecuador, posición 341° N, 170ft altura, 1 atm de presión atmosférica en las instalaciones

del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, con un diseño experimental basado en varias pruebas de testeo a intervalo de razón variable, aplicadas a un sistema de acondicionamiento que se pretende alcanzar temperaturas desde de 35°C máx. 24.5°C. min.

### 3 I ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para lograr este objetivo se seleccionaron los materiales descritos en la tabla 1, a continuación:

Descripción	Cantidad
Panel – Serpentin (cobre /aluminio)	1
Plancha galv.1220x2440x0.90mm	5
Ventilador Inducido ½ Hp 220 V	1
Bomba de Agua 37.3 W, 127 V. AQUA 45W	1
Remaches de 1/8	1 lb
Ventoletas 1/8 X L	32
Auxiliares de contactores	2
Contactores de 9 amp de 220v	2
Sensor de temperatura y humedad	1
Controlador Arduino UNO	1
Selector	1
Luces Piloto	3
Pantalla LCD	1
Caja para Gabinete de control y Fuerza	1
Cable #12	10mts x 3 líneas
Codo de 1/4x 90°	2
Abrazaderas de ½	2
Cinta aislante.	1
Tubo plastigama 1/4x 2.5	4
Silicona	2
Disco de cortes 4 ½"x 1/16".	2

Tabla 1. Materiales y equipos para la elaboración del sistema de acondicionamiento industrial y comercial

Fuente: Elaboración propia

## Descripción del sistema de acondicionamiento evaporativo

Los sistemas de acondicionamiento industrial tienen una central de transferencia de calor tipo panel serpentín, (ACR Latinoamérica, 2019) fluyendo en su interior agua y por la parte exterior se encuentra un surtidor de agua que baña desde la parte superior hasta la inferior del panel, acumulando en una piscina de reserva para cumplir el ciclo cerrado; por otra parte, para la recirculación mencionada se hará por medio de una bomba de agua de bajo consumo tipo sumergible.

El ventilador se encuentra en la parte inferior de la central de calor lo cual podrá funcionar en modo de ventilación y enfriador.

Para la transportación de aire se utilizó un sistema de tuberías, con aislamiento térmico de lana de vidrio en su alrededor para reducir la pérdida de calor por pared y tener un buen coeficiente de eficiencia energética. (Acero comercial del Ecuador S.A, 2019)

El sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa lo hace un controlador Arduino Uno (Arduino Corporation, 2019) a través de sensores dotado en el centro del ducto principal y su visualización en una pantalla tipo LCD que se encuentra en el gabinete de control y fuerza. A continuación, en la tabla 2 se cita la instrumentación empleada para la toma de datos.

Descripción	Características técnicas
Medidor de temperatura y humedad, punto rocío	<i>Proskit MT-4616</i> PEAK METER MS6508
Bulbo húmedo	Rango: -20 a 60°C 4 °F/140.5°C RH: 0 a 100%, precisión 2%
Medidor de Temperatura de líquidos y sólidos	TA288 Sonda de acero inoxidable Rango: 50 ° C y 300 °C
Medidor de velocidad de viento	Especificaciones
Anemómetro	Velocidad del aire 0 - 30m/s, 0 - 90km/h, 0 - 5860ft/min, 0 - 65mph Resolución: 0.1m/s, 0.3km/h, 19ft/min, 0.2mph Precisión velocidad: +/- 5%
Sonómetro digital tipo II ANSI S1.4 IEC 651	Rango de presión acústica: 30-130 dbA Rango de frecuencia: 31.5 Hz – 8.5 KHz Rango de precisión: + - 1.5%

Tabla 2. Especificaciones de instrumentación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, se muestra el esquema mecánico del sistema de acondicionamiento evaporativo.

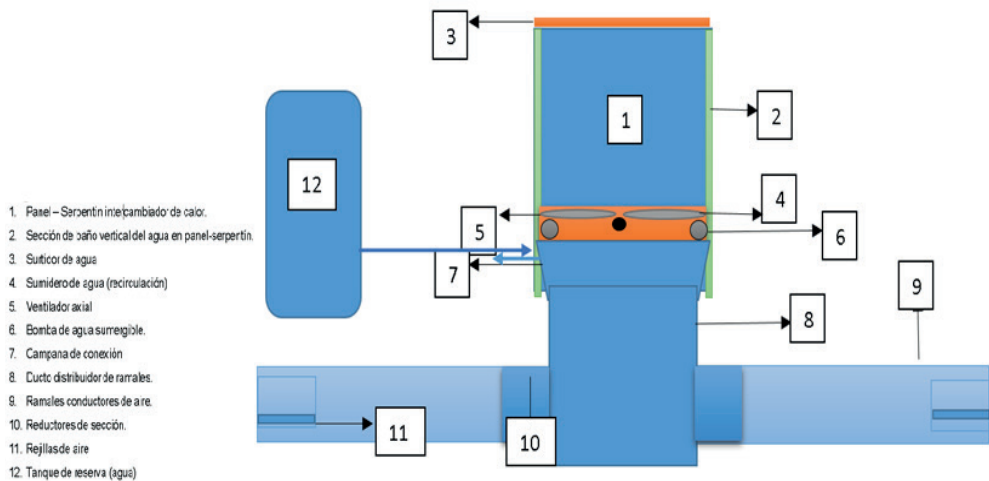


Figura 1. Esquema mecánico del sistema de acondicionamiento evaporativo

En la figura 2, se muestran imágenes del gabinete de control y fuerza.

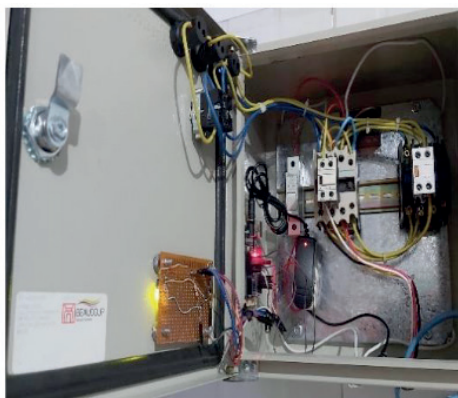


Figura 2. Gabinete de control y fuerza

En la figura 3, se observa el equipo mecánico del sistema, en (Av) Visor LCD de Panel de control y en (B) el sistema de ventilación y bombeo.

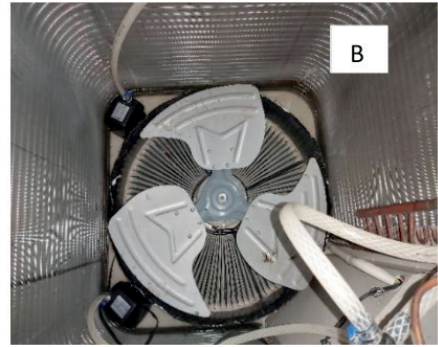


Figura 3. Equipo mecánico del sistema

Luego de la fase de experimentación se obtuvieron los datos técnicos de operación del sistema de acondicionamiento. En la figura6, se muestran los valores de la temperatura ambiental.

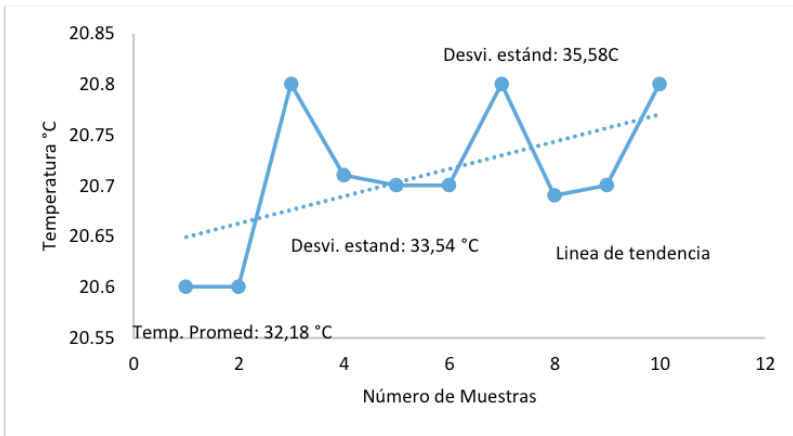


Figura 6. Temperatura ambiental

En la figura 7 se detalla la humedad relativa ambiental.

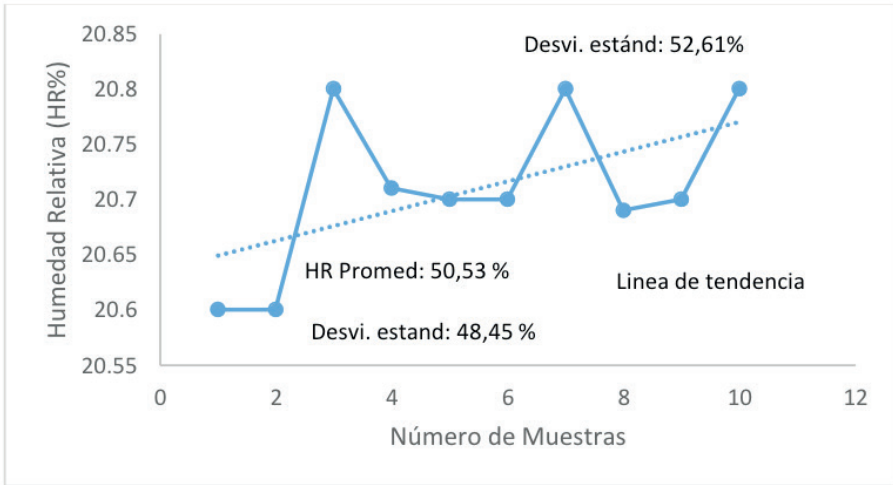


Figura 7. Humedad relativa ambiental

En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos en las mediciones de temperatura de punto de rocío ambiental.

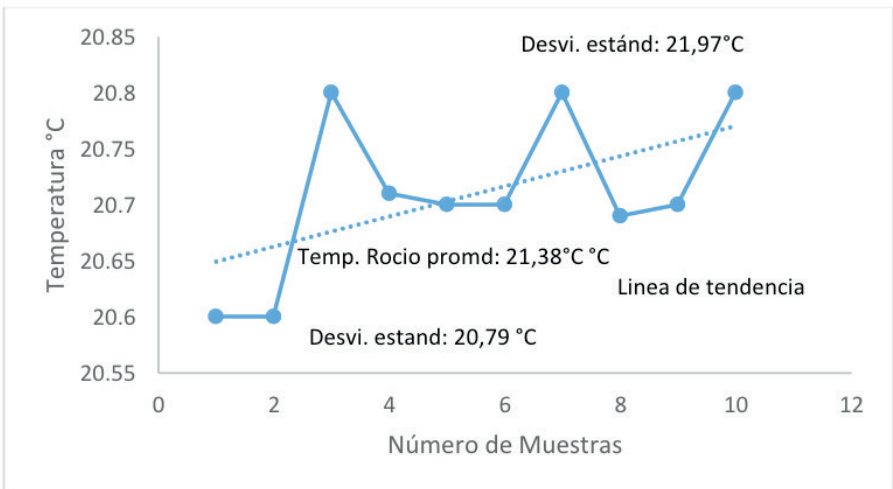


Figura 8. Temperatura punto de rocío ambiental.

En la figura 9 se observa la temperatura del bulbo húmedo ambiental.

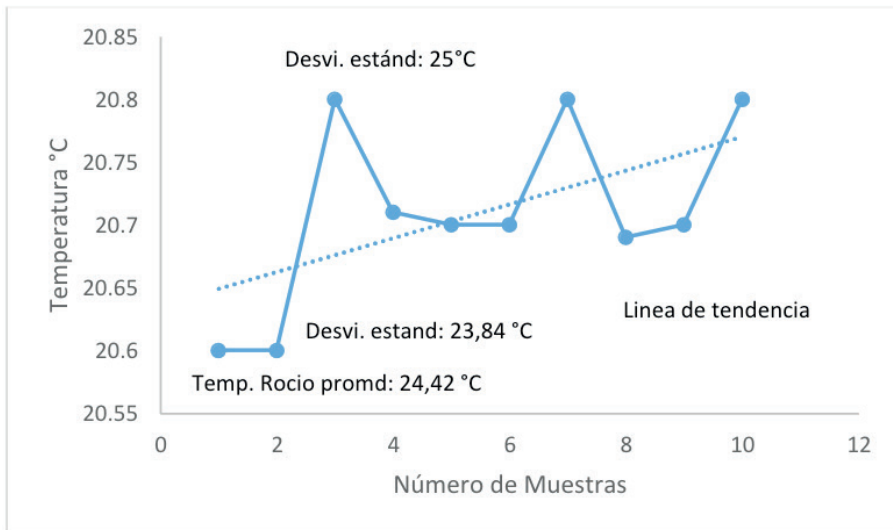


Figura 9. Temperatura bulbo húmedo ambiental.

En la figura 10 se muestra la temperatura del aire del sistema

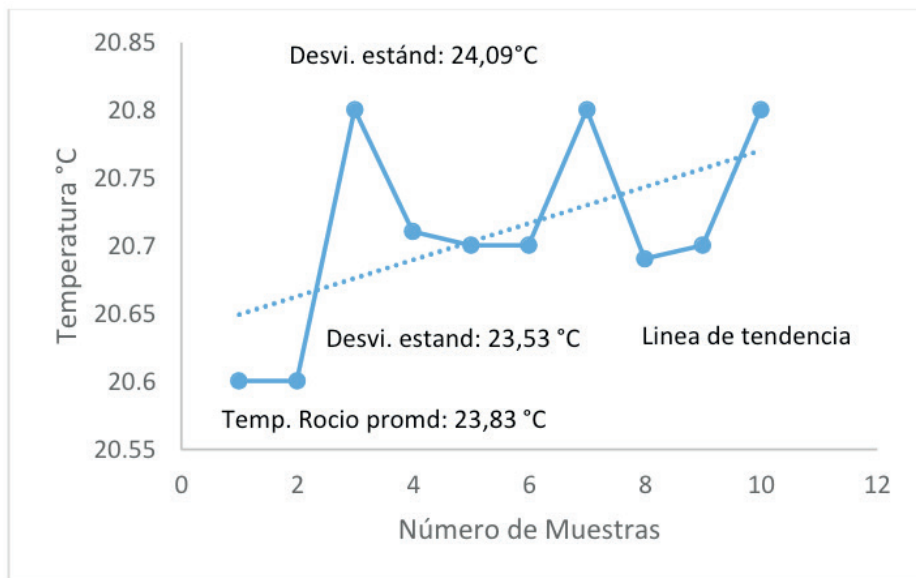


Figura 10. Temperatura de aire del sistema

En la figura 11 se observa la humedad relativa del sistema de acondicionamiento diseñado.

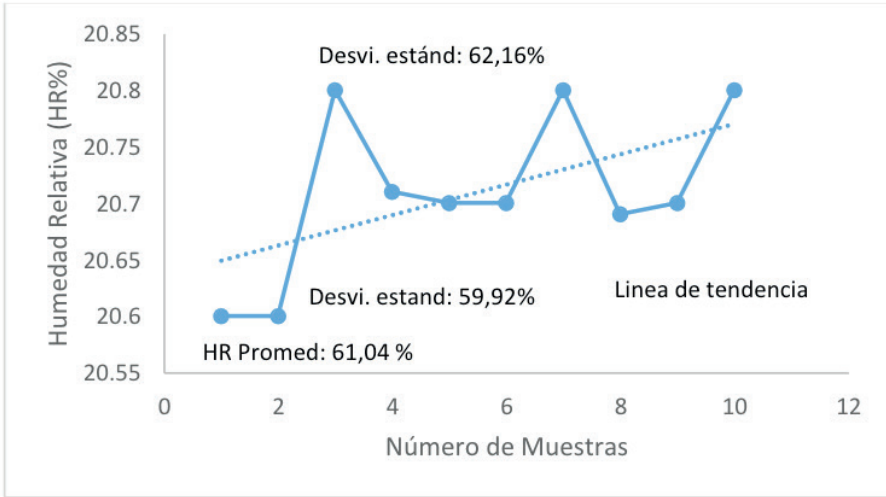


Figura 11. Humedad relativa del sistema

En la figura 12 se detalla la temperatura de rocío calculada para el sistema.

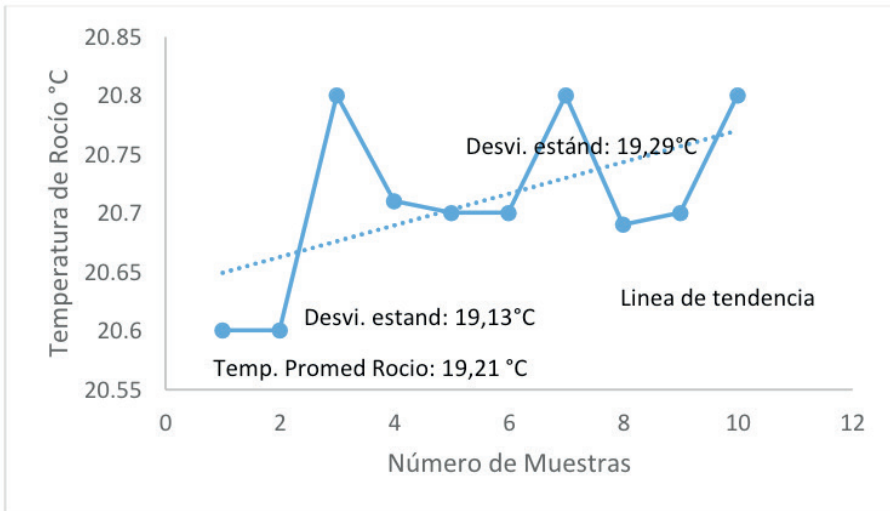


Figura 12. Temperatura de rocío del sistema

En la figura 13 se muestra la variación de la temperatura de bulbo húmedo.



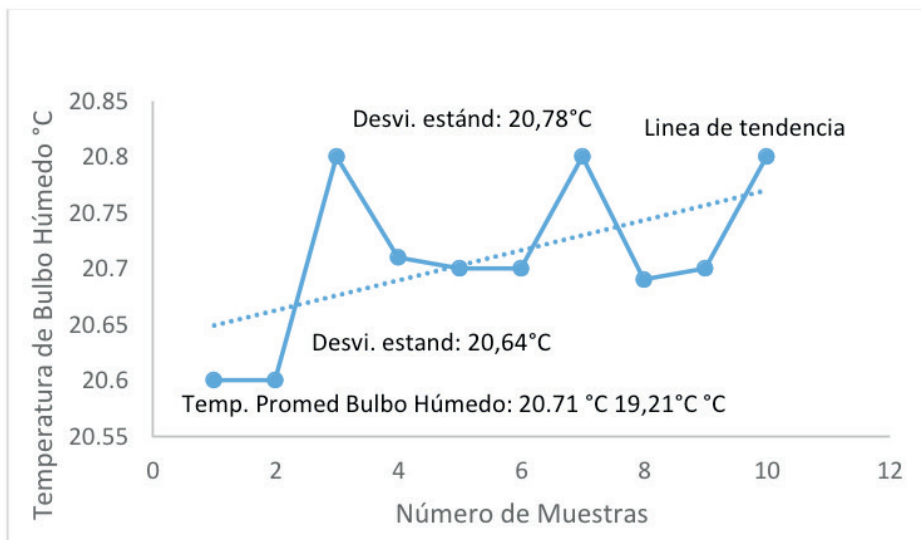


Figura 13. Temperatura de bulbo húmedo del sistema

En la tabla 3 se describen los parámetros de eficiencia energética del equipo de acondicionamiento.

Unidad	Consumo (KWh)	Consumo (KW/h)	Consumo Anual (KW año)	Costo Industrial (\$) (KW)
Ventilador axial	0.22	0.22		0.072
Bomba de Agua	0.036X2	0.072		
Consumo Total		0.29	6.96	2540.4

Tabla 3. Parámetros de eficiencia energética

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se describe las especificaciones técnicas del equipo propuesto.

Condiciones de diseño:	
País:	Ecuador
Altitud:	100 msnm
Temperatura exterior promedio:	32.5° C
HR:	50.5%
Temperatura de diseño interior:	27° C
Área de recinto:	20m <sup>2</sup>

Temperatura	24 a 25°C
Humedad Relativa del sistema	60%
Temperatura Bulbo Húmedo	20.71 °C
Temperatura Punto de Rocío	19.21 °C
Consumo energético	0.29 KW h
Capacidad de acondicionamiento	20 m <sup>2</sup>
Potencia frigorífica	2.1 Kw
Voltaje	110/220 V monofásicos
Nivel de presión acústica	80 dBA
Consumo de agua	3 L/h

Tabla 4. Especificaciones técnicas del equipo

Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Sistema amigable con el medio ambiente (ecológico) Sistema de bajo consumo energético con el 0.44 KWh. Bajo decibel de operación reduciendo la contaminación auditiva Sistema de bajo costo de mantenimiento y operación. Amigable con la contaminación auditiva. (8 horas de exposición al ruido).

## REFERENCIAS

Acero comercial del Ecuador S.A. (15 de enero de 2019). *Acero comercial del Ecuador*. Obtenido de Tuberías y accesorios : [https://www.acerocomercial.com/productos/genericos/tuberia-y-accesorios/lana-de-vidrio-y-coquillas/lana-de-vidrio\\_coquillas/](https://www.acerocomercial.com/productos/genericos/tuberia-y-accesorios/lana-de-vidrio-y-coquillas/lana-de-vidrio_coquillas/)

ACR latinoamérica. (12 de Enero de 2019). *acrlatinoamerica.com*. Obtenido de <https://www.acrlatinoamerica.com/201503165787/articulos/aire-acondicionado-y-ventilacion/tendencia-hacia-los-serpentines-de-aluminio.html>

Arduino Corporation. (2019).

Bravo Hidalgo, «Eficiencia Energética en la climatización de edificaciones,» de *Eficiencia Energética en la climatización de edificaciones*, 2016, pp. 218-238.

Company, B. d. (22 de enero de 2016). *Enfriadores evaporativos*. Obtenido de Biocool de termigo: [www.biocool.es](http://www.biocool.es)

Energética, «Sistemas de obligaciones de eficiencia energética,» 2015.

Estrada M. (2007). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde. *Dialnet*, 20(3), 288-303.

Flávio Alves-Damasceno, Evaluación de la eficiencia de equipos de enfriamiento evaporativo. *DYNA*, 84(203), pp. 118-125, December, 2017, ISSN 0012-7353, 2017.

Flores, M. (2011). Acondicionamiento de espacios con enfriamiento evaporativo. *Ingeniería mecánica - tecnológica*, 4(1).

IESS, I. E. (noviembre de 1986). Decreto Ejecutivo 2393. *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Mc GRAW-HILL (2012). Transferencia de calor, de *Termodinámica*, Mexico D.F, S.A DE CV, 2012.

M. D. y C. García (2009). Aprovechamiento de los materiales de cambio de fasePM en la climatización, Madrid-España. 107-115

WEC (2019). World Energy Insights Brief - Global Energy Scenarios Comparison Review,» *Insights Brief Technical Annex*, 2019

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE FRÍO: CHILLER

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Vicente Paúl Zambrano Valencia**  
<https://orcid.org/0000-0003-2192-4889>

**Víctor Manuel Delgado Sosa**  
<https://orcid.org/0000-0002-0757-4483>

**Adrián Adalberto Hernández Solís**  
<https://orcid.org/0000-0003-1028-4169>

**Carlos José Junquí Vélez**  
<https://orcid.org/0000-0001-5519-308X>

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF A COLD PRODUCTION SIMULATOR SYSTEM: CHILLER

**RESUMEN:** Se realizó el diseño y construcción de un sistema de producción de frío a partir del agua helada sometida por un sistema mecánico de expansión directa contribuyendo con el desarrollo del conocimiento en el área de la climatización.

Entre los parámetros técnicos de diseño se seleccionó un sistema de expansión directa con capacidad de enfriamiento de 9000 BTU/Hrs, gas refrigerante R134 a una turbina para el trabajo del Fan Coil de ½ Hp de fuerza 220 V, al igual que el motor de ventilador de la torre de enfriamiento como medios fundamentales para la transferencia de calor. El sistema de bombeo en la recirculación se realiza por bombas de 0.37 Kw de potencia y un caudal máximo de 40 l/min. Tanto para el sumidero del evaporador (frío) y el sumidero del condensador (caliente). La etapa de trabajo está dada en dos circuitos independientes el sistema de Fan Coil se conecta con el sumidero del evaporador y la torre de enfriamiento a su vez se conecta con el sistema de condensación para su adecuado funcionamiento y lograr temperaturas de condensación de 35°C y en el caso de tener requerimientos de agua en el sumidero frío se conecta la torre mediante una válvula electromagnética para su abastecimiento.

**PALABRAS CLAVES:** chiller, diseño, frío, simulación, sistema.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La refrigeración y climatización son procesos fundamentales en la producción industrial y de servicios, pues el avance tecnológico continuo hace imprescindible el entender y operar adecuadamente estos sistemas, así como la optimización de los diferentes equipos que se utilizan en la fabricación y montaje de estos sistemas de obtención de frío. Los chillers se utilizan tanto para la implementación de sistemas de bombeo de agua fría, como para el mejoramiento de procesos productivos en que se requiere el enfriamiento de ciertas maquinarias para su correcto funcionamiento, así mismo en la implementación de aire acondicionado en distintos espacios de trabajo como son oficinas, despachos, edificios, centros comerciales, hospitales, entre otros. El sistema de refrigeración por agua helada, es uno de varios sistemas que permiten climatizar un ambiente determinado, pues este tipo de equipos son muy utilizados en el sector industrial. Estos sistemas de manejo de agua para cada área, abren y cierran el flujo de agua a través de áreas específicas manteniendo el aire en los cuartos a la temperatura deseada. Es importante destacar que, dentro de los sistemas de aire acondicionado o sistemas de climatización, los enfriadores de agua helada (sistemas chiller) son uno de los más utilizados en la actualidad para grandes capacidades de enfriamiento; siendo estos equipos enfriados por agua los que presentan mayor eficiencia que los enfriados por aire, debido a que las temperaturas alcanzadas para la condensación del refrigerante, son menores cuando se utiliza el agua que cuando se emplea el aire.

Por definición chiller proviene del vocablo inglés “chill” significando helar, por consiguiente, un chiller es un equipo enfriador industrial en general de agua, anticongelante o cualquier tipo de salmuera que es común en el tratado de alimentos. El objetivo principal del equipo chiller es el intercambio de calor en determinado proceso con el cual se extrae calor de un fluido, la energía calorífica ganada retorna a la unidad de enfriamiento y así reduce su temperatura repitiendo el proceso de circulación (Copeland, 2010).

El chiller es un equipo que sirve para enfriar agua, también se conoce como unidad generadora de agua helada. Chiller en idioma inglés, se traduce como refrigerador, nevera o frigorífico. Water Chiller es un término más apropiado para un enfriador de agua. Un chiller, como cualquier equipo de refrigeración está compuesto por compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador. Las variaciones en estos componentes dan lugar a diferentes tipos de enfriadores de agua. Por ejemplo, según el tipo de compresor utilizado, los chillers se pueden clasificar como chillers scroll, chillers tornillo, chillers centrífugos y chillers recíprocos (Ruelas, 2017).

De acuerdo a (Castro, C. y Mendoza, C., 2015) el chiller es un mecanismo utilizado regularmente en la industria para producir agua fría en procesos industriales es el Chiller (enfriador de agua), cuyo principio de funcionamiento es el de extraer el calor del agua utilizada en un determinado proceso con la finalidad de reducir su temperatura para reducir también la temperatura del producto a obtener. En otros procesos el agua retorna al Chiller para ser enfriada nuevamente ya que ésta no se encuentra en contacto directo con el producto. En el caso del hormigón, el agua se utiliza para la mezcla y es parte contenida en el producto final. El chiller es básicamente un intercambiador de calor, compuesto por un compresor, condensador, evaporador, válvula de expansión y refrigerante, así como también de una bomba para la impulsión de agua desde su contenedor hacia el chiller por medio de tuberías. También cuenta generalmente con un tablero de control electrónico automatizado. Según el tipo de condensador, los encontramos como chillers con condensador enfriado por aire o condensador enfriado por agua. La función del condensador es transformar el refrigerante en estado gaseoso al estado líquido y de esta manera rechazar el calor que se pretende extraer del sistema. El condensador es un intercambiador de calor donde por un lado entra el gas caliente a alta presión y sale líquido con destino al dispositivo de expansión (Ruelas, 2017).

El chiller utiliza dos tipos de refrigerantes, el principal lo constituye aquel que utiliza la unidad condensadora para disminuir la temperatura del mismo a través de la compresión mecánica, esta energía térmica es transmitida a un refrigerante secundario por medio del intercambiador de calor. La energía cedida requiere que las propiedades de estos refrigerantes secundarios lleguen a temperaturas muy por debajo del punto de congelación del agua, usándose mezclas en base glicol y otras sales diferentes. El cloruro de calcio disuelto en agua mejor conocido como salmuera es uno de los refrigerantes secundarios más utilizados en la industria debido a su bajo costo y formas de presentación, el mismo presenta diferentes propiedades tanto químicas como físicas por el cambio de solución concentrada en agua lo que hace que estas salmueras se adapten con gran facilidad a diferentes tipos de procesos. Dentro de los componentes importantes del sistema de refrigeración chiller se tiene el compresor hermético, evaporador de placas, válvula de expansión, carga de refrigerante, efecto de carga de refrigerante en el evaporador (Macas, J. y Toinga, E., 2015).

El proceso de refrigeración es confundido por la mayoría de personas con el término enfriamiento cuando no es más que un proceso de transferencia de calor. La refrigeración consiste en descender la temperatura de determinado recinto o cámara por debajo de la del medio ambiente y que se mantenga a esa temperatura, para esto es necesario extraer el calor de dicho recinto de manera continua o al menos intermitente en un ciclo cerrado

(ASHRAE, 2010). En equipos de refrigeración la transferencia de calor se lleva a cabo a través de fluidos conocidos como refrigerantes, el calor pasa de un cuerpo caliente a uno frío por la aportación de un trabajo mecánico o calor del exterior. La refrigeración por compresión de vapor es un caso de aportación de trabajo mecánico y se ha constituido en el método más utilizado en la actualidad para equipos que no necesitan entregar mayor capacidad (Tecumseh, 2002).

El efecto de refrigeración es entendido como la cantidad de calor que un refrigerante es capaz de absorber mientras fluye en el evaporador como líquido y terminando como vapor. Podemos referir el hecho que los líquidos tienen un buen efecto de refrigeración por su alto calor latente de vaporización, por lo mismo se puede decir, que no es más que la diferencia de calor por el cambio de fase al pasar por el evaporador. Cuando el refrigerante en estado líquido se aproxima a la válvula su temperatura generalmente siempre es mayor que la temperatura de vaporización del refrigerante dentro del serpentín del evaporador, de lo mismo podemos deducir que el efecto de refrigeración normalmente es menor que el calor de vaporización (Macas, J. y Toaing, E., 2015).

El proceso de cambio de fase líquido-vapor es un fenómeno bien conocido que ejemplifica los principios básicos de termofísica y transporte que motivan los mecanismos de los procesos de condensación y vaporización (Carey, 2007) citado por (Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S., 2019). Los procedimientos de cambio de fase en materiales porosos exhiben una amplia gama de configuraciones termodinámicas. Estos procedimientos están comúnmente influenciados por tres factores (i) por medio de la orientación del calentamiento y enfriamiento de las superficies, (ii) a través de la geometría de micro y macroescala de un material poroso y (iii) por interacciones con procedimientos convectivos y conductivos. En regiones cercanas. Los problemas de valor límite móvil en medios porosos tienen importancia práctica en el almacenamiento de energía térmica, congelación de tejidos biológicos, enfriamiento de equipos electrónicos para el procesamiento de alimentos (Masur et al., 1989; Mortensen et al., 1989) citado por (Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S., 2019).

En un enfriador centrífugo, el evaporador es generalmente un evaporador de líquido lleno. Para mantener el nivel de líquido del evaporador constante, generalmente está equipado con una válvula de bola flotante, que controla el caudal del refrigerante según al nivel líquido del evaporador. El nivel de líquido del evaporador se considera constante. Aplicando la conservación de energía, la cantidad de calor perdido ser el agua enfriada es igual a la cantidad de calor transferido del lado del agua enfriada al lado del refrigerante (Hao, X. y Wang, T., 2014).

Como es bien sabido, el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) juega un papel importante en la vida moderna. Es imprescindible en grandes edificios como hoteles, talleres, hospitales, etc. En términos de consumo de energía, la energía consumida en HVAC El sistema representa más del 50% de la energía total del edificio. El sistema HVAC se ejecuta bajo carga máxima, sin embargo, en la mayoría de los casos, la carga real en El tiempo de funcionamiento es inferior a la carga completa. Obviamente, estas condiciones causan grandes suma de residuos. En consecuencia, para ahorrar energía, la eficiencia del sistema HVAC necesita ser mejorado. Un sistema HVAC típico consiste en un circuito de aire interior, circuito de agua fría, circuito de refrigerante, circuito de agua del condensador y circuito de aire exterior. Investigadores concentrados en diferentes componentes, algunos en circuito de agua fría, algunos en agua de condensador bucle. Para controlar todo el sistema, es necesario identificar los modelos de HVAC. Entre Los cinco procedimientos mencionados anteriormente, dos circuitos de agua y el circuito de refrigerante son de lo más importante, porque el consumo de energía de las tres partes explica una proporción abrumadora del uso total de energía. Los consumidores de energía primaria de los circuitos de agua y el circuito de refrigerante son bombas y enfriadores respectivos (Yukui Zhang<sup>1</sup>, Shiji Song<sup>1</sup>, Cheng Wu<sup>1</sup>, and Kang Li, 2010).

El objetivo de este estudio se centra en diseñar y construir un sistema simulador de producción de frío, conocido como Chiller para ser utilizado en la formación técnica-tecnológica de los estudiantes de la carrera de electromecánica del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías.

## **2 | MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, república del Ecuador, posición 341° N, 170 ft de altura, 1 atm de presión atmosférica; en las instalaciones del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, con un diseño experimental basado en varias pruebas de testeó a intervalo de razón variable, aplicadas a un sistema de climatización que se pretende alcanzar temperaturas desde de 29°C a 18°C. Para lograr este objetivo se seleccionaron los siguientes materiales, detallados en la tabla 1, a continuación:



Descripción	Cantidad
Ángulo 50x3mm2x1/8	4
Plancha galv.1220x2440x0.70mm 1/32	5
Plancha galv.1220x2440x0.40mm	5
Sumidero de agua 60x60x30mm	2
Sumidero de agua de 1.18x1.15x15mm	1
Sistema de expansión directa capacidad 9000 BTU/h	1
Bomba de agua 0.5hp	1
Contactores de 9 Amp. de 220V	3
Tubo plastigama ½	4
Manómetro pedrollo de150 psi	2
Tee de ½	10
Bushin 1x1/2"	5
Extensión de 5 m	1
Disco de cortes 4 ½"x 1/16".	2
Válvula de carga de ¼	2
Broca p/metal 1/8	4
Cable #12 m	10
Broca p/metal ¼	5
Codo de 1/2x90plastigama (90°)	10
Teflón	10
Cinta aislante.	2
Radiador	1
Ventilador	1
Cañería de cobre m	10
Gas refrigerante r22	2
Gas propano	2
Varilla de suelda de plata	2
Silicona	2
Turbina 0.5 hp	1

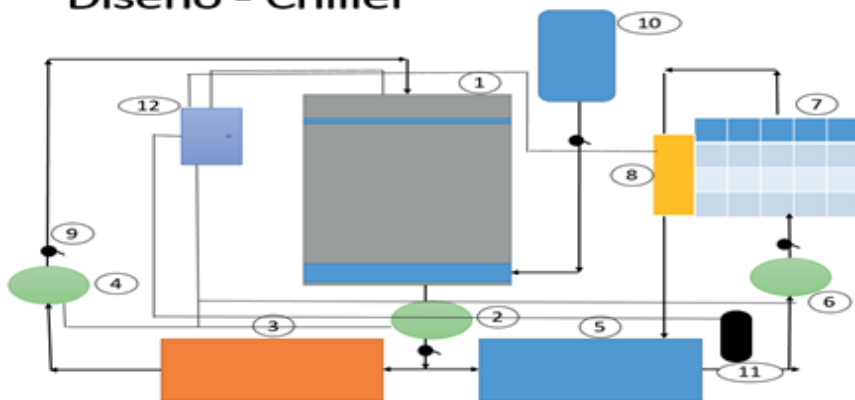
Tabla 1. Materiales y equipos para la elaboración del sistema de congelación

Fuente: Elaboración propia

## Descripción del sistema

En la figura 1, a continuación se puede apreciar el diseño realizado para la construcción del sistema de enfriamiento Chiller.

## Diseño - Chiller



1. Torre de enfriamiento
2. Bomba de succión en el sumidero de la torre de enfriamiento.
3. Sumidero del condensador.
4. Bomba de descarga de agua caliente a la torre de enfriamiento.
5. Sumidero del vaporador
6. Bomba de succión y descarga de la línea de baja.
7. Intercambiador de calor fain coil.
8. Turbina de verificación.
9. Válvulas de control de flujo.
10. Reservorio de agua
11. Compresor.
12. Panel de control.

Figura 1. Diseño del chiller

El módulo de simulación - chiller es un equipo de simulación con aplicación didáctica en el área de la climatización, alcanzando temperatura de 18°C con dimensiones internas de 2 m<sup>3</sup> de volumen donde se encuentran todas las unidades de funcionamiento. En las figura 2 se puede apreciar estas unidades de funcionamiento en el Chiller.

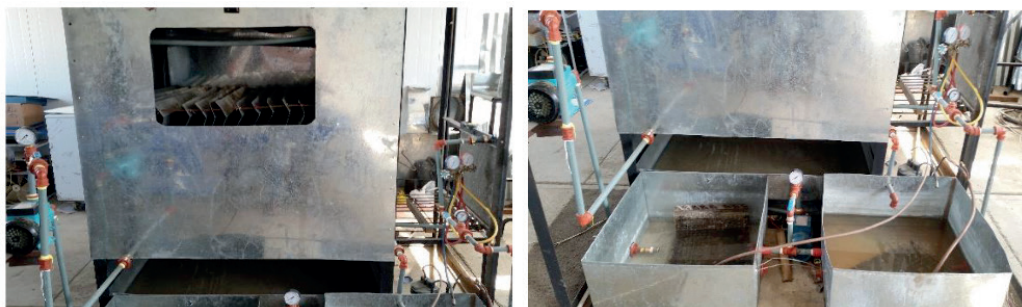


Figura 2. Unidades de funcionamiento del Chiller

### Unidad de expansión mecánica directa

Este equipo cuenta con capacidad de 9000 BTU/h<sup>1</sup>, con sus equivalencias de 2267 Kcal/hr, 2.636 Kw/Hr, 2636 W/hr, 2267 frig/Hr, 9450 KJ/Hr; destinado al intercambio de calor en los sumideros de alta y baja, su operación lo realizará con el gas refrigerante R22 a un volumen de 600 gr.

1. Unidad Térmica Británica sobre Hora

## **Sistemas de Bombeo**

Cuenta con 3 bombas de agua, 2 para el circuito de alta y 1 para el de baja; sus características Caudal máximo  $Q_{max}$ : 40 l/min., potencia  $P$ : 0.37 Kw, voltaje  $V$ : 115-230, Frecuencia: 60 Hz.

## **Controladores de nivel de fluidos**

Los controles de nivel nos permitirán garantizar el nivel del agua en un rango de variación preestablecido. Existen algunas diferencias en la concepción de los controles de nivel, según se trate de: canales; plantas de tratamiento; tanques de almacenamiento de agua o un embalse, para nuestro equipo existirá un dispositivo de control en el sumidero de reserva, sumideros del circuito de baja y alta, así como también en el sumidero de la torre de enfriamiento.

## **Sensores**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación aplicadas en el sistema serán de temperatura, presión, volumen; ubicadas en los sumideros de la torre, del circuito de alta y baja para la detección de las temperaturas y así controlar los procesos de producción de frío.

## **Unidad Condensadora**

La función del condensador es transformar en su interior el gas refrigerante comprimido en el compresor en líquido refrigerante. En el interior del condensador el gas refrigerante pierde el calor que absorbió durante el proceso de su evaporación desde el espacio a enfriar, así como también hace entrega del calor absorbido durante su circulación a través de la línea de retorno al compresor y el calor absorbido durante el fenómeno de compresión en el interior del compresor.

## **Unidad Evaporadora**

Un evaporador es un intercambiador de calor utilizado en los sistemas refrigerantes, donde se intercambia energía termina proveniente desde un medio cuyo objetivo es ceder calor al refrigerante, es decir que el refrigerante absorba calor del medio para evaporarse.

## **Unidad manejadora de frío**

Está compuesta por un panel de tipo radiador logrando alcanzar hasta  $3^{\circ}\text{C}$ , con una turbina para la absorción de calor y entrega al medio con temperatura de  $18^{\circ}\text{C}$ .

## Torre de enfriamiento

Esta unidad tiene el diseño de Tiro Inducido corriente al flujo de agua al sumidero de recolección donde existirá un intercambio de temperatura con respecto a la interacción entre el sumidero de condensación y la torre obteniendo la reducción de 60°C a 35°C temperaturas óptimas para garantizar el proceso de condensación, así mismo aportará con el suministro de agua tanto para el circuito de alta y baja, en el caso de ser necesario. Estructuralmente se ha trabajado con materiales de Planchas Galvanizadas fabricada bajo norma ASTM A653G40 de 1.4 mm de espesor, sus dimensiones son 1220 mm de ancho por 2440 mm de largo<sup>2</sup> y ángulos de hierro de 3.2 mm de espesor<sup>3</sup> como chasis de soporte tanto de cámara como de equipos mecánicos y conexiones eléctricas y electrónicas; así mismo la estructura será unida mediante pernos de 1" x 3/16 acerado.

## Sistema de conexión mecánica

Se utilizaron tuberías plásticas PVC de ½ pulgada de diámetro interior, codos a 90° acoples T, cubiertos de material aislantes como el poliestireno en las tuberías de conexión con un coeficiente de transferencia de calor  $K = 0,032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  a  $0,044 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

## Unidad de mando y control automático

Se emite una orden para realizar el control automático del chiller.

## Procesos de verificación

El procedimiento de testeo se realizó en el taller laboratorio de sistemas de acondicionamiento industrial del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías, en 15 mediciones a razón de intervalos variables de 5 horas, durante 5 días. Como instrumento de medición se utilizó varios medidores de temperatura (Faghri, A. y Zhang, Y., s.f.) , con las siguientes características mostradas en la tabla 2.

Descripción	Características técnicas
Termómetro infrarrojo Medidor de temperatura de líquidos y sólidos Medidor de temperatura ambiental y humedad	<i>PEAK METER PM6530C</i> <i>Rango -50° a 800°C</i> TA288 Sonda de acero inoxidable Rango: 50 ° C y 300 ° C PEAK METER MS6508 Rango: -20 a 60°C Precisión: +/- 0.5°C RH: 0 a 100%, precisión 2,0%

Tabla 2. Especificaciones de instrumentación

Fuente: Elaboración propia

2. Kubiec-Conduit más que un acero (Metalmecánica y cerrajería)
3. Acindar Grupo Arcelor Mittal-Pefiles, barras y plancuelas

### 3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la fase de experimentación se obtuvieron los datos técnicos de operación del sistema chiller con parámetros en cada unidad de trabajo, en la unidad de torre de enfriamiento se lograron temperaturas de 45 °C de entrada y 23,4 °C de salida, la unidad de condensación oscila entre 45°C y 35°C, la unidad de frío se encuentra a 8°C de temperatura y en la Unidad Manejadora de frío se obtuvo una temperatura de aire de 18°C y de humedad de 65% como puede verse en la tabla 3.

Unidad	Consumo (KW/h)	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo de operación (KW/h)
Sistema de funcionamiento de circuito de baja:			0.66
Compresor	0.66	0.5	0.33
Bomba de circuito de baja	0.33	1.00	0.33
Sistema de funcionamiento de circuito de alta:			0.41
Bomba de circuito de alta	1.21	0.25	0.30
Ventilador de torre de enfriamiento	0.44	0.25	0.11
Circuitos de tablero de control:			
Tablero de control	0.22	1	0.20
Total consumo del sistema (KW/h)			1.27
Costo por consumo (\$0.12-KW/h)			\$0.15
Consumo por 16h/30 días operativos			\$73.15

Tabla 3. Parámetros de costos energéticos del sistema chiller-torre de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 puede observarse los parámetros de funcionamiento técnico del sistema en conjunto.

#	Descripción	Valor obtenido
1	Temperatura de ingreso de agua del condensador a la torre de enfriamiento	58.86 °C
2	Temperatura de salida de agua en la unidad evaporadora	6.74 °C
3	Temperatura de ingreso de agua de la torre de enfriamiento al condensador	23,74 °C
4	Temperatura de fan Coil	18.07 °C
5	Presión de descarga de refrigerante R22	250 PSI
6	Presión de succión de refrigerante R22	50 PSI
7	Voltaje	220 V
8	Consumo	1.27KW/h
9	Capacidad de enfriamiento	9.000 BTU/h

Tabla 4. Datos técnicos de funcionamiento del sistema chiller-torre de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

La importancia de un sistema como el citado es que tiene la capacidad de enfriar grandes áreas como centros comerciales, hospitales, edificios entre otros con gran eficiencia, debido a su control de forma electrónica, proporcionando el agua a una temperatura deseada con más precisión, y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como torres de enfriamiento. Por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor, es decir que no hay tanta pérdida por evaporación. La instalación es relativamente reducida y el chiller generalmente tiene gran cantidad de sensores de presión, temperatura, flujo, voltaje, corriente, lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en el sistema.

En el estudio de (Ruelas, 2017) se realizó el remplazo del condensador aluminio-aluminio a condensador cobre aluminio para evitar la pérdida de gas refrigerante, ya que el nuevo material utilizado para la fabricación del condensador es más resistente a la corrosión y la humedad.

En esta investigación el chiller se fabricó con materiales distintos a los usuales teniendo resultados funcionales en relación a las variables estudiadas, esto es que el sistema diseñado está aportando al proceso de formación técnica-tecnológica de estudiantes de la carrera de electromecánica del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías de la ciudad de Portoviejo.

## 4 | CONCLUSIONES

El sistema de enfriamiento chiller, diseñado y construido para aportar a la formación práctica en la tecnología superior, en electromecánica dentro de la asignatura de sistemas de refrigeración es un ejemplo vivencial, de que la utilización de materiales reciclados para la generación de equipos como el chiller, proporciona una fuente útil para la obtención de datos y resultados positivos en determinadas áreas que requieren mantener una temperatura de enfriamiento, en las que un sistema convencional no es recomendable.

El sistema construido es funcional desde el punto de vista académico-técnico-tecnológico, sin embargo, para llevarlo a escalas industriales se precisa de materiales que se comercializan en el mercado para estos fines.

## REFERENCIAS

ASHRAE. (2010). *Ashrae handbook refrigeration*. Atlanta GA 30329: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ISBN 978-1-933742-82-3.

Castro, C. y Mendoza, C. (2015). *Cálculo y selección de un enfriador (chiller) en la planta de hormigón GEO 1 de la constructora Ripconci de la ciudad de Guayaquil para reducir la temperatura del agua de mezcla del hormigón*. Manta: Universidad Laica ELOY Alfaro de Manabí.

Copeland. (2010). *Manual de refrigeración*. Barcelona: Eras.

Faghri, A. y Zhang, Y. (s.f.). Appendix A: Constants, Units, and conversion factors. Em *Heat Transfer and Flow* (pp. 747-820). Springer Nature Switzerland AG 2020.

Hao, X. y Wang, T. (2014). Simulation Analysis of Factors Influencing Chiller EER. *Journal of Thermal Science Vol.23, No.3*, 285-289 .

Macas, J. y Toainga, E. (2015). *REPOTENCIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS DEL CHILLER DEL LABORATORIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR, PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE ENFRIAMIENTO*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH.

Ruelas, C. (2017). *CHILLER CARRIER 30RBA12054 CON CONDENSADOR COBRE – ALUMINIO, COMO ALTERNATIVA PARA EVITAR FUGA DE GAS REFRIGERANTE EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDIONADO DEL EDIFICIO CORPORACIÓN MG SAC*. Villa El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

Tecumseh. (2002). *Aplicaciones de refrigeración*. Inglaterra : Tecumseh.

Yukui Zhang<sup>1</sup>, Shiji Song<sup>1</sup>, Cheng Wu<sup>1</sup>, and Kang Li. (2010). Identification of Chiller Model in HVAC System Using Fuzzy Inference Rules with Zadeh's Implication operator. *Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 6328)*, 399-408.

Zafar-Hayat, K.; Rashid, A. y Licheng, S. (2019). Effect of instantaneous change of surface temperature and density on an unsteady liquid–vapour front in a porous medium. *Experimental and Computational Multiphase Flow. Vol. 2, No. 2, 2020, 115–121*, 115-121.

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ECO AMIGABLE

---

*Data de aceite: 05/03/2023*

**Ricardo Fabricio Muñoz Farfán**  
<https://orcid.org/0000-0001-6960-6869>

**Telly Yarita Macías Zambrano**  
<https://orcid.org/0000-0002-5005-7967>

**Víctor Manuel Delgado Sosa**  
<https://orcid.org/0000-0002-0757-4483>

**Vicente Paúl Zambrano Valencia**  
<https://orcid.org/0000-0003-2192-4889>

## DESIGN OF ECO-FRIENDLY REFRIGERATION SYSTEM

**RESUMEN:** El presente estudio de un sistema de congelación se desarrolló en base a un sistema de climatización, cuya finalidad es aprovechar la transferencia tecnológica de equipos productores de frío para usos de almacenamiento y conservación de alimentos. Para la elección del equipo se consideró la capacidad instalada de 9000 BTU/Hr. Se estudió el proceso de congelación de pescado, agua, y la conserva de legumbres con volumen de 1 kg por producto de manera individual. La temperatura de congelación

se evaluó con un sistema de refrigeración por compresión mecánica de Gas R22 con interacciones de temperatura de 29.6 °C a -12°C. y monitoreado con un controlador Proporcional Integrativo Derivativo (PID). Por costo de producción el equipo fue elaborado en su mayoría de sus partes y piezas con material de reciclaje. Se realizó un diseño experimental descriptivo, para la verificación de resultados. El equipo logró alcanzar temperaturas de cámara de -13°C a partir de 20 minutos una vez encendido el equipo (compresor) bajo las descripciones específicas de productos.

**PALABRAS CLAVE:** *capacidad instalada, congelación, eco sustentable, gases, temperatura.*

## 1 | INTRODUCCIÓN

El crecimiento socioeconómico en el Ecuador mediante la transformación de la matriz productiva ha sido una de las prioridades del estado respecto a sus políticas públicas planteadas, en este apartado el repotenciar la productividad desde varios enfoques socio productivos,



conjuntamente con el tanto el Talento Humano que las Instituciones de Educación Superior (IES) aportan de forma directa con sus carreras de nivel Tecnológico garantizando interesantes propuestas de emprendimiento al servicio de la sociedad (Asamblea Nacional, 2013).

A nivel internacional el sector de la producción ha tenido un crecimiento en diferentes campos y servicio como los productos de conservas de alimentos, siendo sin duda el camino del desarrollo y emprendimiento al incremento de la productividad e inserción tecnológica a nivel general.

En Ecuador existe un 60% de la producción manufacturera dedicado a Procesos de refrigeración y conservación de productos como lácteos, mariscos, pescado, hortalizas, helados entre otros, lo que conlleva un proceso de refrigeración y congelación, que da como resultado la pertinencia de desarrollar cámaras de frío con componente innovador y con transferencia tecnológica a un buen costo-beneficio tanto económico y sustentable con el medio ambiente lo que articula los objetivos 7, 8, 10 que desde el aporte de las IES en el fortalecimiento de las capacidades y potencialidades del talento humano de tal manera promover la interacción dinámica con el sector productivo y el enlace de la investigación científica con el componente tecnológico en pro de la transformación de la matriz productiva con el fin de impulsar la producción nacional de calidad con énfasis a los sectores priorizados (Asamblea Nacional, 2013).

Por otra parte, con la fabricación de estos equipos productores de frío con materiales en desuso se promueve en la recolección y selección de materiales de reciclaje, previniendo y mitigando la contaminación ambiental en los procesos de producción y consumo, cumpliendo con prácticas de responsabilidad social y ambiental. Ante lo citado la Elaboración de equipos de congelación mediante una base instalada del conocimiento y materiales en desuso se propone como medida factible al desarrollo de emprendimiento y aportación al cuidado del medio ambiente al utilizar productos de reciclaje.

Así mismo la propuesta de elaborar equipos de este tipo de índole aportarán a consolidar un sistema económico social y solidario, de forma sostenible en la creación de mini empresas emprendedoras del conocimiento y la producción, y que se articula estrechamente con la transición al cambio de la matriz productiva Fortalecer la economía de pequeñas y medianas empresas, desarrollando la capacidad innovadora, fomentar el desarrollo científico y tecnológico, para mejorar la diversificación y los niveles de inclusión y competitividad productiva comercial. Por otra parte se enfatiza la importancia de diseñar sistemas de congelación en la región por tener ambiente subtropical, seco a tropical húmedo y tropical extremadamente húmedo y está determinado por las corrientes marinas, la temperatura media en Portoviejo, es de 25 °C y en la ciudad de Manta, de 23,8 °C.

## 2 | MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Portoviejo – Manabí – Ecuador posición 341° N, 170ft altura, 1 atm. Presión atmosférica; en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Paulo Emilio Macías, con un diseño experimental basado en varias pruebas de testeo a intervalo de razón variable, aplicadas a un sistema de refrigeración, propuesto como alternativa de transferencia tecnológica eco sostenible que se pretende alcanzar desde temperaturas ambientales de 29°C a -13°C. Para lograr este objetivo se seleccionó los siguientes materiales detallados en la tabla 1.

Materiales /Equipo	Cantidad
Equipo de climatización	1
Cañerías de cobre ¾	2 m
Ángulos de Hierro 1/8 XL	12 m
Pintura anticorrosiva color blanco	1 L
Electrodo 6011	1 lb
Válvulas de descarga y medición de presión	2 u
Planchas de galvanizadas	2 planchas
Gas refrigerante R22	2 Kg
Controlador PID TC-900Log	1 u
Caucho para sellar puerta	4 m
Aislante térmico(tipo persianas)	1 m <sup>3</sup>

Tabla 1. Materiales y equipos para la elaboración del sistema de congelación

Fuente: Elaboración propia

### Descripción del sistema de refrigeración

La Cámara frigorífica es de tipo modular con aplicación a baja temperatura menor a 13°C con dimensiones internas de 0.8 m<sup>3</sup> de volumen interno de cámara. En las figuras 1 y 2 se aprecia la vista interna y posterior de la cámara de frío.



Figura 1. Vista interna - cámara de frío-evaporador



Figura 2. Vista posterior - cámara de frío-condensador

El sistema de compresión mecánica tendrá la capacidad de 9000 Btu/hr, con sus equivalencias de 2267 Kcal/hr, 2.636 Kw/Hr, 2636 W/hr, 2267 frig/Hr, 9450 KJ/Hr; un controlador PID PID TC-900E ([//www.fullgauge.com](http://www.fullgauge.com), s.f.) Log (proporcional, Integrativo y Derivativo) para el control y eficiencia del equipo al alcanzar temperaturas óptimas para congelados, automatiza los procesos de deshielo según la necesidad de la instalación (deshielo inteligente), proporcionando ahorro de energía. Actúa con 2 sensores principales, uno para temperatura ambiente y otro que, fijado en el evaporador comanda el final del deshielo y el retorno de los ventiladores.

Estructuralmente se ha trabajado con materiales de Planchas Galvanizadas fabricada bajo norma ASTM A653G40 de 1.4 mm de espesor, sus dimensiones son 1220 mm de ancho por 2440 mm de largo y ángulos de hierro de 3.2 mm de espesor (Mittal, s.f.), como chasis de soporte tanto de cámara como de equipos mecánicos y conexiones eléctricas y electrónicas; así mismo la estructura será unida con depósito de material de electrodo E 6011(Electrodo celulósico de penetración profunda) aplicado en Soldadora Eléctrica. Se utilizaron materiales aislantes como el poliestireno expandido con un coeficiente de transferencia de calor  $K= 0.035\text{W/m}^{\circ}\text{K}$  y planchas de polímero de resina acrílica recubierto con lámina de paneles de aluminio ensamblado con un coeficiente de conductividad térmica  $K=0.12\text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  . (KUBIEC, s.f.)

## Procesos de Verificación

El procedimiento de testeo se realizó en la Unidad de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica del Instituto Tecnológico Superior Paulo Emilio Macías, en 15 mediciones a razón de intervalos variables de 8 horas, durante 5 días. Como instrumento de medición se utilizó un controlador PID TC-900E Log, con las siguientes características mostradas en la tabla 2.

Descripción	Cantidad
Alimentación Directa	TC-900 Log: 115-230 Vac+/- 10% (50/60) Hz.
Temperatura de Control	-50°C a 105°C / -58°F a 221°F
Temperatura de Operación	0 a 50°C /32 a 122°F
Consumo Máximo del Instrumento	1.5 VA
Humedad de Operación	10 a 85%UR (sin Condensación
Dimensiones	(76x34x77)mm

Tabla 2. Especificaciones técnicas de controlador TC-900E Log

Fuente: Elaboración propia

## Importancia del almacenamiento y refrigeración de alimentos

Siempre es necesario conocer los productos con que se va a trabajar y su importancia, ya que, durante su manejo, conserva y refrigeración, algunas características específicas de estos requieren cuidados especiales relacionados a temperatura, humedad relativa, entre otros, por citar el alimento como el tomate, son inicialmente verdes y cambian a tonos característicos de su variedad conforme la clorofila disminuye mientras maduran. En la respiración disminuye el oxígeno (O<sub>2</sub>) y aumenta el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y etileno, almidón, sólidos solubles y ácido ascórbico. (HVACR, s.f.)

Por otra parte los pescados congelados no tienen problemas importantes y pueden conservarse por grandes tiempos con calidad, si se les congelan y descongelan bien [6], en la tabla 3 se recogen las temperaturas en el caso de congelados y refrigerados y los tiempos de conservación. (M. & C., 2002)

Pescados			
	Refrigerados	Congelados	
	T (°C)	T (°C)	Conservación (días)
Pescado			
Graso	0 a 2	-18	120
Magro	0 a 2	-18	240
Planos	0 a 2	-18	270
Moluscos	0 a 2	-18	120
Crustáceos	0 a 2	-18	180

Tabla 3. Temperaturas de conservación de pescado y mariscos

Fuente: Elaboración propia

En general, los productos cárnicos son delicados y la comercialización en régimen de refrigeración es corta. Debe separarse su conservación de las de otros productos perecederos. A continuación, en la figura 3, se ha recogido los tiempos de conservación en la refrigeración y congelación de los principales tipos de carnes, huevos, leche y sus derivados, para las condiciones idóneas de conservación. (Domínguez, M. y García, C., 1997)

PRODUCTO	REFRIGERACIÓN		DURACIÓN CONSERV	CONGELADO	
	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA		TEMPERATURA	DURACIÓN CONSERV
	° C	%	días	° C	días
Vaca	0, -1,5	90	10 a 28	-18 a -20	365
Ternera	-1,0	90	7 a 21	-18 a -20	300
Cordero	-1,0	90 a 95	7 a 14	-18 a -20	270
Cerdo	0, -1,5	90 a 95	7 a 14	-18 a -20	160
tocino	-3,-1	80 a 90	30	-18 a -20	90
sebo	-1,0	80 a 95	90 a 150	-18 a -20	
manteca	-1,0	80 a 95	120 a 240	-18 a -20	270
despojo	-1,0	85 a 90	7	-18 a -20	
Aves	0 a 2	85 a 90		-18 a -20	
Huevos	0 a 1	85 a 90	160 a 190		
Leche					
normal	0-4				
yogur	2 a 5		5 a 10		
esterilizada	0-22				
en polvo	0-24	60-70			
evaporada	5				
nata	0 a 2		2 a 3		
mantequilla	4 a 6		14 a 21	-18 a -20	240
quesos					
frescos	0 a 5		2		
blandos	0 a 2				
duros	0 a 5				
fundidos	10 a 12	60			
azules	0 a 5				

Figura 3. Temperaturas de conservación de pescado y mariscos

Fuente: (Domínguez, M. y García, C., 2002)

En otro apartado los productos hortofrutícolas se conservan muy desigualmente en general. A continuación se presenta la figura 4 con sus valores de conservación.

PRODUCTO	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	DURACIÓN RECOMENDADA
	° C	%	días
Acelga	0-1	90-95	10 a 14
Alcachofa	0-1	90-95	7 a 21
Col de Bruselas	0-1	85-90	21 a 42
Champiñón	0-1	85-90	3 a 5
Espárrago	0-1	85-90	14 a 21
Lechuga	0-1	90-95	7 a 21
Nabo	0-1	90-95	120 a 150
Puerro	0-1	90-95	30 a 90
Rábano	0-1	90-95	10 a 14
Remolacha	0-1	90-95	30 a 90
Ajo	0,-1,5	70-75	180 a 240
Cebolla	0-1	85-90	
Cebolla sv	0,-3	70-75	180
Guisante v	0,5,-0,5	85-90	60
Zanahoria	1,-1	90-95	120 a 180
Remolacha	0	90-95	30 a 90
Tomate v	0	85-90	21 a 35
maduro	11,5-13	85-90	7 a 14
Patata			
temprana	3,4	85-90	14 a 24
siembra	2,7	85-90	120 a 240
tardía	4,5-10	85-90	120 a 240
Aceituna	7,10	85-90	28 a 42
Berenjena	7,10	85-90	10
Pimiento			
verde	7,8	85-90	12 a 21
Calabaza	10,13	70-75	60 a 180
Peplino	10,12	85-90	150 a 240
Setas	10,13	70-75	14 a 42

Figura 4. Temperaturas de conservación de productos hortofrutícolas

Fuente: Domínguez y García (1997)

### 3 I RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber desarrollado la fase experimental se demuestra que si se puede lograr la refrigeración a partir de un sistema de climatización, teniendo conocimiento que cada una de las citadas como servicio de producción de frío se focaliza la primera para la conserva de alimentos como frutas, hortalizas, líquidos y productos cárnicos, órganos entre otros; y la climatización responde al servicio del confort del ser humano alcanzando temperaturas ambiental que se encuentran entre 28°C a 17°C(temperaturas de climatización) y de 28 °C a -13 °C (temperatura de congelación), así también, se ha logrado resultados de congelación a partir del rediseño y dimensionamiento óptimo, tal como se aprecia en la tabla 4.

Producto	Número de medición	Entrada del producto (Kg)	Temperatura (encendido del compresor) °C	Temperatura (Apagado del compresor) °C	Temperatura Interna de Cámara °C	Temperatura promedio	DS	σ²	Temperatura del producto °C	Tiempo (Funcionamiento compresor)		Temperatura promedio	DS	σ²
										Encendido	Apagado			
Líquidos/Agua	1		19.6	-12	-9.0	-8.00	3.58	0.00	0.4	17:40	17:52	-0.50	1.03	0.85
	2		-10	-12	-9.8				0.8	17:54	17:58			
	3		-9.8	-12	-8.6				-1	17:59	18:03			
	4		-10	-12	-8				-1.2	18:05	18:08			
	5		-10	-12	-7.7				-1.5	18:10	18:13			
Hortalizas	1		19.6	-12	-7.9	-7.80	3.18	0.00	4	17:31	17:41	3.5	1.95	0.25
	2		-10	-12	-7.8				3	17:42	17:46			
	3		-10	-12	-7.7				1.8	17:53	17:57			
	4		-10	-12	-7.6				-0.5	17:58	18:03			
	5		-10	-12	-7.7				-1.5	18:08	18:14			
Pescado/Carnes	1		21.8	-12	-8.2	-6.00	2.68	0.00	4	13h51	14h57	0.22	3.21	8.23
	2		-10	-12	-6				2.1	14:59	15:05			
	3		-10	-12	-8.0				1	15:06	15:15:13			
	4		-10	-12	-8.7				-2	15:15	15:22			
	5		-10	-12	-9.2				-4	15:25	15:32			

Tabla 4. Parámetros técnicos de funcionamiento del sistema de congelación

Nota. Elaborado por autores.

## 4 I RESULTADOS DE TEMPERATURA PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

En la tabla 5 se aprecia las variantes de temperatura en cámara de frío.

Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	-9	0,25	-8,5	4,67
2	-9.8	0,25	-8,5	4,67
3	-8.6	0,25	-8,5	4,67
4	-8	0,25	-8,5	4,67
5	-7.7	0,25	-8,5	4,67

Tabla 5. Temperatura de Cámara y Productos (Líquidos) en cámara

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se puede observar las temperaturas obtenida dentro de la cámara en productos líquidos.

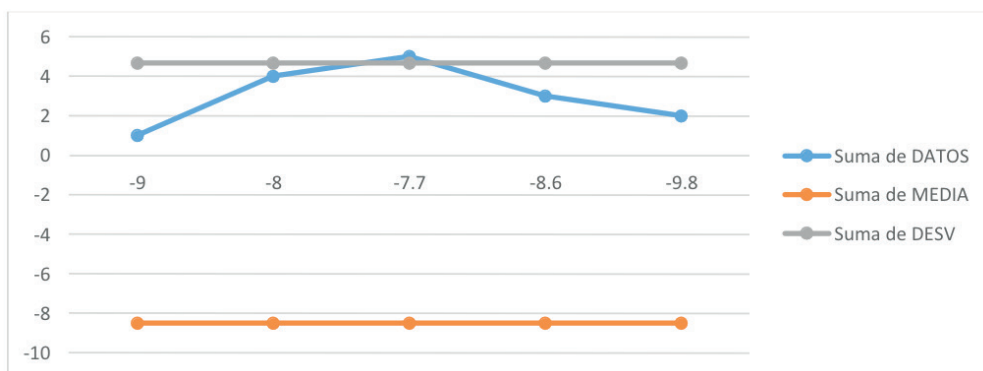


Figura 5. Temperatura de cámara y productos (líquidos)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se detalla las variantes de temperatura obtenida en cámara y referente a los productos líquidos.

Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	0,4	0,85	-0,50	1,03
2	0,8	0,85	-0,50	1,03
3	-1	0,85	-0,50	1,03
4	-1,2	0,85	-0,50	1,03
5	-1,5	0,85	-0,50	1,03

Tabla 6. Temperatura de cámara y productos líquidos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se aprecia la temperatura de productos líquidos.

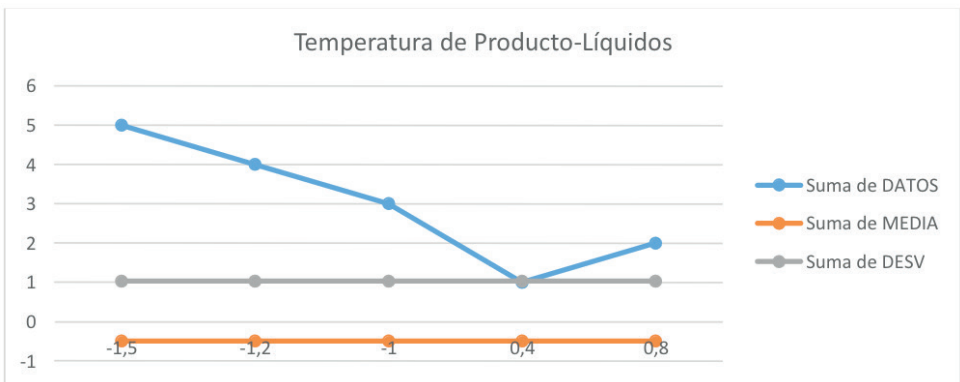


Figura 6. Temperatura de cámara y productos líquidos

Fuente: Elaboración propia

Como parte de los resultados se tiene que, en productos líquidos existe presencia de congelación aproximadamente en 20 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura promedio interna de cámara de  $-8.53^{\circ}\text{C}$ , con su desviación estándar de  $4.67^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de líquido de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $1.03^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla 7 se detalla las variantes de temperatura de cámara y productos como hortalizas.



Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	-7.9	0,02	-7,65	3,95
2	-7,5	0,02	-7,65	3,95
3	-7.6	0,02	-7,65	3,95
4	-7.7	0,02	-7,65	3,95
5	-7,8	0,02	-7,65	3,95

Tabla 7. Temperatura de Cámara y Productos (Hortalizas) en cámara

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se observa la temperatura interna de la cámara en hortalizas.

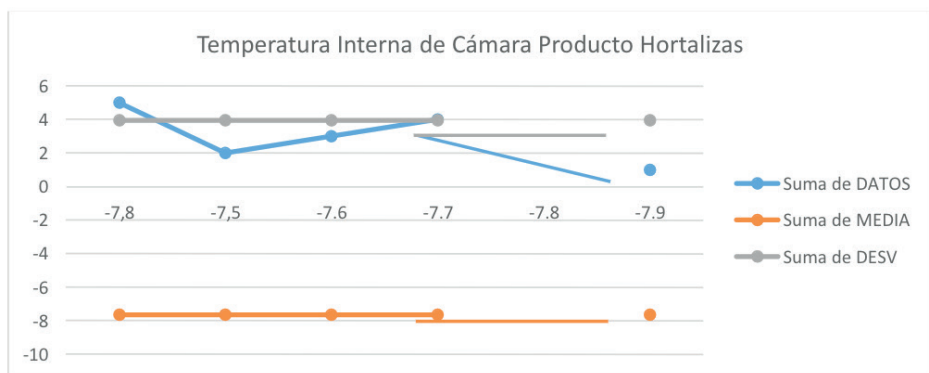


Figura 7. Temperatura de Cámara y Productos (Hortalizas) en cámara

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se muestra el detalle de la temperatura interna a la que se sometieron las hortalizas dentro de la cámara.

Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	4	0,25	3,50	1,95
2	3	0,25	3,50	1,95
3	1.8	0,25	3,50	1,95
4	-0.5	0,25	3,50	1,95
5	-1.5	0,25	3,50	1,95

Tabla 8. Temperatura interna del producto-hortalizas

Fuente: Elaboración propia

La figura 8 muestra la temperatura interna de las hortalizas.

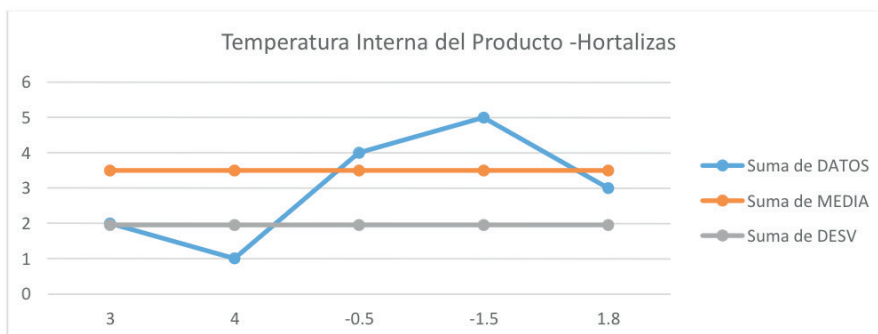


Figura 8. Temperatura interna del producto - hortalizas

Fuente: Elaboración propia

En función a los presentes cuadros estadísticos presentamos que en productos como hortalizas, se tiene presencia de conservación aproximadamente en 20 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura interna de cámara de  $-7.8^{\circ}\text{C}$  con su desviación estándar de  $3.18^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de hortalizas de  $3.5^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $1.95^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla 8, el detalle de la temperatura interna de la cámara en el producto pescado.

Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	-8.2	0,00	-6,00	2,68
2	-6	0,00	-6,00	2,68
3	-8.0	0,00	-6,00	2,68
4	-8.7	0,00	-6,00	2,68
5	-9.2	0,00	-6,00	2,68

Tabla 9. Temperatura Interna de Cámara-Productos /Pescado

Nota. Elaborado por autores.

En la figura 9 se observa la temperatura interna de la cámara en los productos cárnicos.

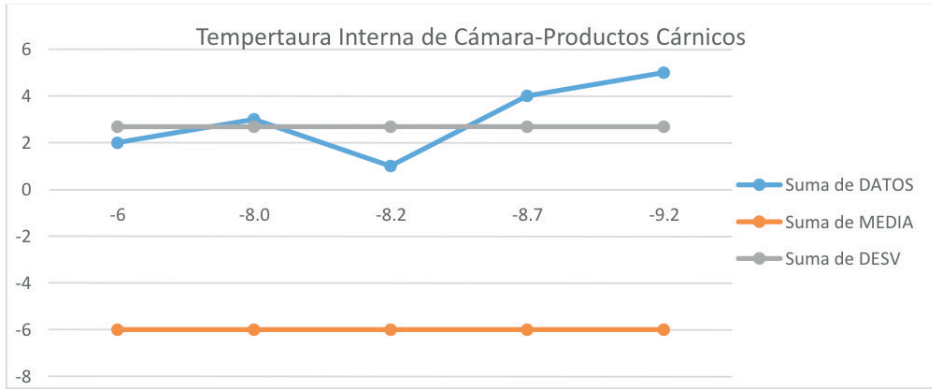


Figura 9. Temperatura interna de cámara-productos cárnicos

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 10 se puede apreciar el detalle de la temperatura interna de los cárnicos dentro de la cámara.

Datos	Temperatura	Variación	Media	Desviación estándar
1	4	8,23	0,22	3,21
2	2,1	8,23	0,22	3,21
3	1	8,23	0,22	3,21
4	-2	8,23	0,22	3,21
5	-4	8,23	0,22	3,21

Tabla 10. Temperatura Interna Producto-Cárnicos

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 10 se aprecia la temperatura interna de los cárnicos.

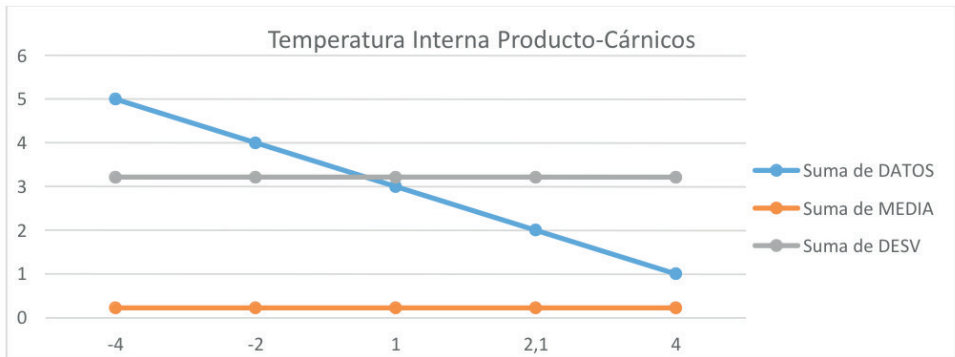


Figura 10. Temperatura interna producto-cárnicos

Fuente: Elaboración propia

Como resultados se encontró que en productos cárnicos/pescado la conservación se da aproximadamente en 40 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura interna de cámara de  $-6^{\circ}\text{C}$  con su desviación estándar de  $2.68^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de carnes/pescado de  $0.22^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $3.21^{\circ}\text{C}$ .

Producto de la experimentación, en productos líquidos se tiene presencia de congelación aproximadamente en 20 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura promedio interna de cámara de  $-8.53^{\circ}\text{C}$ , con su desviación estándar de  $4.67^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de líquido de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $1.03^{\circ}\text{C}$ . Contrastando los resultados con los de (Maury, E.; Sequera, S.; Sánchez, D.; Bravo, R. y Vizcarra, M., 2010) quien analizó varias muestras de leche materna a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  en cuanto a su calidad proteica y tiempo de almacenamiento, se pudo llegar hasta los 90 días conservando sus propiedades.

En productos como hortalizas la conservación empieza aproximadamente en 20 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura interna de cámara de  $-7.8^{\circ}\text{C}$  con su desviación estándar de  $3.18^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de hortalizas de  $3.5^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $1.95^{\circ}\text{C}$ . En un estudio de (García, A. y Pacheco, E., 2007) se almacenaron dos morfotipos de apio, el amarillo y el blanco a una temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ , obteniéndose resultados de no susceptibilidad al frío, manteniendo las características físicas por 5 días con pérdidas de peso promedio en apio blanco de  $13,73\text{ g agua}/100\text{g}$  y en el amarillo de  $17,65\text{ g agua}/100\text{g}$ .

En productos cárnicos/pescados la conservación se da en aproximadamente 40 min, a partir de la primera fase de encendido y apagado del compresor alcanzando la temperatura interna de cámara de  $-6^{\circ}\text{C}$  con su desviación estándar de  $2.68^{\circ}\text{C}$ ., así mismo registra una temperatura promedio de producto de carnes/pescado de  $0.22^{\circ}\text{C}$  y su desviación estándar de  $3.21^{\circ}\text{C}$ .

En el estudio de (Milagros, M.; Rota, I.; y Del Valle, L., 2006) se almacenaron muestras de pez volador en una cámara de tipo doméstico a  $-18^{\circ}\text{C}$  por noventa y cinco días, lapso estimado de vida en almacenamiento según ensayos previos realizados por la tripulación de la embarcación que suministró el pescado. Por otra parte, a pesar de que el producto final fue congelado dos veces, uno en alta mar y otro bajo la modalidad de filetes en bandejas, no se observaron signos de deterioro, puesto que se utilizaron métodos rápidos de congelación en ambos procesos. Además, la descongelación antes del fileteado se realizó a baja temperatura ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), con el fin de evitar un goteo excesivo.

## 5 | CONCLUSIONES

Las temperaturas de conservación se da en 40 minutos para productos cárnicos y pescados, no así en las hortalizas que lleva menos tiempo (20) para su conservación, lo cual sustenta el diseño del sistema de refrigeración ecoamigable, que puede ser utilizado fácilmente en hogares y tiendas de expendio de productos de primera necesidad, contribuyendo a la sostenibilidad medio ambiental.

## REFERENCIAS

Asamblea Nacional. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Senplades.

Domínguez, M. y García, C. (1997). El frío y las condiciones de almacenamiento. *Instal Noticias*, 23-28.

Domínguez, M. y García, C. (2002). La distribución a temperatura controlada de productos perecederos en europa. *Alimentación N° 169. Instituto del frío*, 45-48.

García, A. y Pacheco, E. (2007). Efecto de la temperatura en la calidad poscosecha del apio criollo. *Agronomía Tropical*, 57(4), 45-56.

HVACR, M. (n.d.). *MUNDO HVACR*. Retrieved from <https://www.mundohvacr.com.mx/>

KUBIEC, N. Q. (n.d.). *Kubiec , más que un acero*. Retrieved from <https://kubiec.com/>

M., I. d., & C., G. (2002). *La distribución a temperatura controlada de productos perecederos en Europa*.

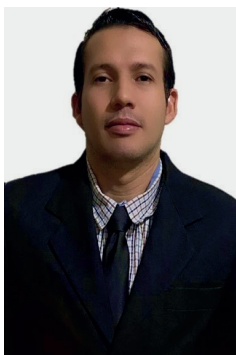
Maury, E.; Sequera, S.; Sánchez, D.; Bravo, R. y Vizcarra, M. (2010). Variaciones en la composición proteica de la leche materna madura durante el almacenamiento por congelación. *Pediatr. (Asunción)*, 37(3), 187-194.

Milagros, M.; Rota, I.; y Del Valle, L. (2006). Efecto del tiempo de almacenamiento a  $-18^{\circ}\text{C}$  sobre las características bacteriológicas y físico-químicas de filetes de pez volador . *Revista Científica Maracaibo*, 16(2).


Mittal, A. G. (n.d.). *ACINDAR Grupo Arcelor Mittal*. Retrieved from <http://www.acindar.com.ar/>




**TELLY YARITA MACÍAS ZAMBRANO** - Es Ingeniera industrial con especialización en proyectos, tiene una Maestría en Ingeniería Agrícola por la Universidad Técnica de Manabí, es Doctoranda del programa de Doctorado en Educación Superior de la Universidad de Palermo, Argentina. Tiene algunos diplomados en Investigación académica científica. Ha trabajado en la academia por diecisiete años y a la par con organizaciones sociales. Ejerce libremente la ingeniería industrial, desde la formulación de proyectos hasta la puesta en marcha. Ha sido profesora investigadora de educación superior y de educación media a distancia, Facilitadora de talleres de titulación en programas de posgrado, Lectora y revisora de trabajos de titulación en varias modalidades, Par revisor en revistas científicas indexadas, Directora de proyectos de la fundación Manos Amigas (FUNDACMA) y de la Federación de la micro, pequeña y mediana empresa productiva de Manabí (FEDECAPIM), Directora Ejecutiva de la Corporación de las Cámaras de la Producción de Manabí (CEJ). Es autora de varias publicaciones en temáticas de recuperación de los saberes ancestrales de la campaña manabita en áreas del conocimiento como la agricultura, la apicultura rural, y también en el ejercicio de la ingeniería industrial. Es parte de la red de desarrollo urbano sostenible de Manabí REDUS Manabí. Correo electrónico: frantonio36@hotmail.com.



**RICARDO FABRICIO MUÑOZ FARFÁN** - Es Ingeniero mecánico y Magister en ecoeficiencia industrial, especializado en la eficiencia energética dirigida a una producción más limpia dedicado a procesos de sostenibilidad industrial; creativo, dinámico y analítico. Actualmente es docente investigador del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías (ISTPEM) en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica. Ha tenido experiencia como docente de educación superior y educación media. Como profesional se ha desempeñado como Supervisor de mantenimiento y Residente de Fiscalización de Obra. Actualmente es coordinador de la carrera de Medición y Monitoreo Ambiental del Instituto Superior Tecnológico Paulo Emilio Macías. Es autor de varias publicaciones académicas científicas, en modalidad de artículos y capítulos de libros. Se ha desempeñado como Coordinador del equipo de formulación de proyectos curriculares en dos Tecnologías Superiores en el ISTPEM, Tecnología Superior en Electromecánica (Aprobado por el CES resolución RPC-SO-36-N°480-2015) y Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación; y como técnico de apoyo del equipo de formulación en los diseños de las carreras Tecnología Superior en Tributación y Tecnología Superior en Construcción. Correo: itspem.rmuno@gmail.com

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

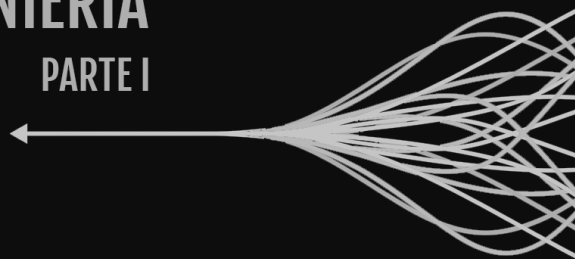
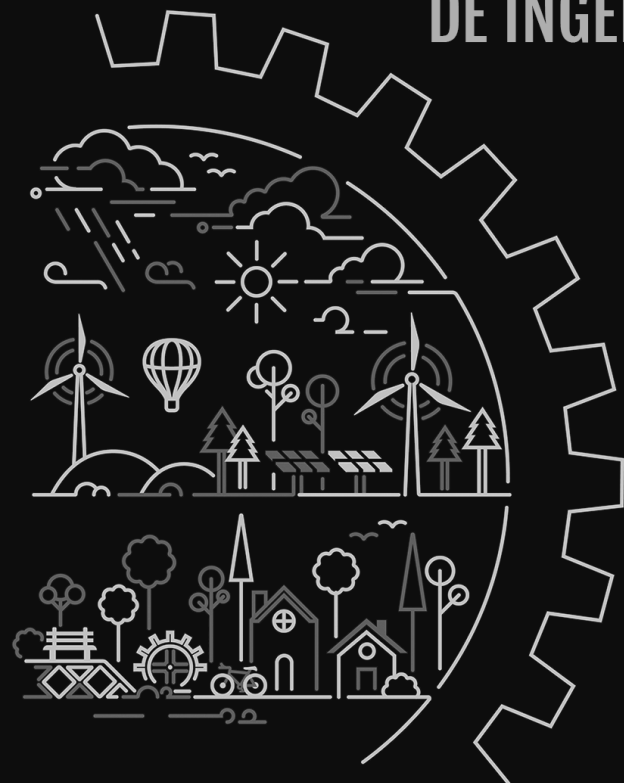
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# EXPERIENCIAS

## DE INGENIERÍA

PARTE I



  
Atena  
Editora  
Ano 2023



 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# EXPERIENCIAS

## DE INGENIERÍA

PARTE I

  
Ano 2023