



Universidad de
Guayaquil



Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

**I Congreso Internacional de
Ingeniería Industrial Aplicada**

23, 24 y 25 de mayo del 2023
Guayaquil, Ecuador

CIIA2023



Editores: Pedro Castro, Yomar González, Angel Plaza, Annabelle Lizarzaburu
Revisión de edición: Jimmy Hurtado (DECANO), Luis Argüello (SUBDECANO)



ESTUDIOS SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR E INDUSTRIA 4.0

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Daniel Ortega Pacheco
Eduardo Almeida Benalcázar
Pedro Luis Castro Verdezoto
Arturo Enrique Sánchez Granja
Priscilla Elizabeth Moreno Marcial
Omar Darío Coloma Hurel
Fausto Arturo Benítez Troya
Galo David Medina Chérrez
Carlos García Gutiérrez
Ángel García Gutiérrez
Mariuxi Tejada Castro
Sandra Zapata Vega
Enrique Martínez García
Normando López Valencia
Sandy Berrezueta Merchán
Katusca Valle Navarro
Erwin Joaquín Murillo López
Alemán Herrera Lozano
Raúl Gustavo Mata Muñoz
David Alejandro Del Pino Moreira
Alexis Miguel Velásquez Jama
Luis Antonio Chica Castro
Víctor Hugo Garófalo Largo
Ernesto Max Loján Granda
María José Trujillo Coloma

AUTORES INVESTIGADORES



1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0


I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

AUTORES INVESTIGADORES


Daniel Ortega Pacheco

Master of Science In Agricultural Economics;
Doctor of Philosophy In Public Policy;
Ingeniero Agrónomo; Escuela Superior Politécnica del Litoral;
Guayaquil, Ecuador
daviorte@espol.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0001-7678-5826>


Eduardo Almeida Benalcázar

Master of Science in Life Science and Technology;
Ingeniero Químico; Delft University of Technology;
Países Bajos; Delft
E.F.AlmeidaBenalcazar@tudelft.nl
 <https://orcid.org/0000-0003-1786-3948>

Pedro Luis Castro Verdezoto

PhD. in Energy Planning; Master in Renewable Energy;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
ing.pedrocastro@hotmail.com
luis.castroverd@ug.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-3450-9855>

Arturo Enrique Sánchez Granja

Magíster en Ciencias Ambientales; Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
arturo.sanchezgz@ug.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0003-2449-2428>


Priscilla Elizabeth Moreno Marcial

Magíster en Administración de Empresas mención Negocios Internacionales;
Ingeniera Comercial; Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
priscilla.morenoma@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-8213-3533>

Omar Darío Coloma Hurel

Magíster de la Gestión de la Calidad; Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
omar.colmah@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-6817-6972>

Fausto Arturo Benítez Troya

Máster en Finanzas y Proyectos Corporativos; Economista;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
fausto.benitez@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0003-4464-0176>


Galo David Medina Chérrez

Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
galo.medinach@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0005-0341-9733>

Carlos García Gutiérrez

Magíster en Políticas y Gestión Pública;
Magíster en Administración y Dirección de Empresas;
Ingeniero en Electricidad Especialización Industrial;
Escuela Superior Politécnica del Litoral; Guayaquil, Ecuador
carantga@espol.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-2474-9249>

Ángel García Gutiérrez

Magíster en Políticas y Gestión Pública; Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
angel.garciag@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0000-7178-2511>

Mariuxi Tejada Castro

Máster en Gestión y Diseño Web; Ingeniero en Computación e Informática;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
mariuxi.tejadac@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-2814-2479>

Sandra Zapata Vega

Doctora en Educación; Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
sandra.zapatav@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-8795-9924>

Enrique Martínez García

Máster en Negocios Internacionales y Gestión en Comercio Exterior; Economista;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
enrique.martinezg@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-9580-0064>

Normando López Valencia

Magíster en Diseño Curricular; Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
normando.lopezv@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0007-9673-2642>

Sandy Berrezueta Merchán

Máster en Gestión de Calidad y Atención Sanitaria; Química y Farmacéutica;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
vfsandy_88@hotmail.com

 <https://orcid.org/0009-0002-2415-5077>

Katusca Valle Navarro

Magíster en Administración de Empresas con mención en
Recursos Humanos y Marketing; Master's Degree in Teaching English as a
Foreign Language; Especialidad en Materiales y Procesos de Producción;
Ingeniera Mecánica;

Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
katusca.vallen@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-3337-8371>

Erwin Joaquín Murillo López

Magíster en Ingeniería Ambiental;
Diploma Superior en Diseño Curricular por Competencias; Ingeniero Químico;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
erwin.murillo@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-5350-5008>

Alemán Herrera Lozano

Magíster en Administración de Empresas con mención en
Marketing y Recursos Humanos; Ingeniero Comercial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
alemán.herrera@hotmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-7755-8779>

Raúl Gustavo Mata Muñoz

Diploma Superior en Pedagogía Universitaria;
Magíster en Diseño Curricular;
Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones;
Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
raul.matam@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-6365-6806>


David Alejandro Del Pino Moreira

Diploma Superior en Pedagogía Universitaria;
Magíster en Administración de Empresas con mención en Marketing;
Ingeniero en Sistemas Computacionales;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
david.delpinom@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0008-5024-6339>

Alexis Miguel Velásquez Jama

Magíster en Seguridad Higiene Industrial y Salud Ocupacional;
Ingeniero Industrial;
Facultad de Ingeniería Industrial;
Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
alexis.velasquezj@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-2883-9022>

Luis Antonio Chica Castro

Magíster en Diseño Mecánico mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos; Ingeniero Industrial; Facultad de Ingeniería Industrial; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
luis.chicac@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0001-5852-1832>

Víctor Hugo Garófalo Largo

Magíster en Diseño Curricular; Ingeniero Industrial; Facultad de Ingeniería Industrial; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
victor.garofalol@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-4259-6573>

Ernesto Max Loján Granda

Magíster Auditoria de Tecnologías de la Información; Ingeniero en Sistemas Computacionales; Facultad de Ingeniería Industrial; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
ernesto.lojang@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-1194-1522>

María José Trujillo Coloma

Magíster en Seguridad Informática Aplicada; Ingeniero en Sistemas Computacionales; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
maria.trujilloc@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-8619-224X>

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0


I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

COMITÉ CIENTÍFICO

Editores

Pedro Luis Castro Verdezoto

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-3450-9855>


Yomar Alexander González Cañizalez

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-6348-866X>

Ángel Plaza Vargas

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0002-4617-153X>

Annabelle Sally Lizarzaburu Mora

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0003-1258-5424>

Revisión de edición

Jimmy Fernando Hurtado Paspuel

Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial,


Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0001-9795-2339>

Luis Eduardo Argüello Cortez

Subdecano de la Facultad de Ingeniería Industrial,

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0001-5093-4029>

Comité Técnico

Pilar Tatiana Macías-Suárez

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
pilar.maciass@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-8401-0067>

Albert Nieto

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
albert.nietop@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-5296-5574>

Pilacuan-Bonete, LM

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
luis.pilacuanb@ug.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-6625-0905>


1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0


I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

REVISORES ACADÉMICOS

Marcos Antonio Ponce Jara

Doctor en Tecnologías Industriales;
Máster Universitario en Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y
Control Industrial; Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial;
Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; Manta, Ecuador;
marcos.ponce@uleam.edu.ec;
 <https://orcid.org/0000-0002-4450-4740>

Carlos Artemidoro Zea Barahona

Economista; Diplomado en Autoevaluación y Acreditación Universitaria;
Magíster en Docencia Universitaria e Investigación Educativa;
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas;
Universidad Estatal del Sur de Manabí; Jipijapa, Ecuador
carlos.zea@unesum.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0001-7546-7148>

Catalogación Bibliográfica

AUTORES:

Daniel Ortega Pacheco
Eduardo Almeida Benalcázar
Pedro Luis Castro Verdezoto
Arturo Enrique Sánchez Granja
Priscilla Elizabeth Moreno Marcial
Omar Darío Coloma Hurel
Fausto Arturo Benítez Troya
Galo David Medina Chérrez
Carlos García Gutiérrez
Ángel García Gutiérrez

Mariuxi Tejada Castro
Sandra Zapata Vega
Enrique Martínez García
Normando López Valencia
Sandy Berrezueta Merchán
Katusca Valle Navarro
Erwin Joaquín Murillo López
Alemán Herrera Lozano
Raúl Gustavo Mata Muñoz
David Alejandro Del Pino Moreira

Alexis Miguel Velásquez Jama
Luis Antonio Chica Castro
Victor Hugo Garófalo Largo
Ernesto Max Loján Granda
María José Trujillo Coloma

Título: Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

Descriptor: Ingeniería Industrial; Producción Industrial; Desarrollo Económico y Social, Economía.

Código UNESCO: 3310 Tecnología Industrial, 5308 Economía General

Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 661/Or82

Área: Ciencias Aplicadas, Ciencias Económicas

Edición: 1^{era}

ISBN: 978-9942-622-53-2

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2023

Ciudad, País: Quito, Ecuador

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 190

DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-622-53-2>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/45>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: PhD. Lenin Suasnabas Pacheco

Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

Dirección de corrección: Mg. Ayamara Galanton.

Editor de Arte y Diseño: Lic. Eduardo Flores, Arq. Alfredo Díaz

Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Índices

Contenidos



Prólogo / **Pág.19**

Introducción / **Pág.21**

Tema 1.

Análisis del potencial de la biomasa residual para generación eléctrica en países de la cuenca amazónica / **Pág.25**

Daniel Ortega Pacheco; Eduardo Almeida Benalcázar & Pedro Luis Castro Verdezoto

Tema 2.

Determinación de Indicadores de gestión de residuos sólidos para un proceso de elaboración de productos farmacéuticos / **Pág.47**

Arturo Enrique Sánchez Granja; Priscilla Elizabeth Moreno Marcial & Omar Darío Coloma Hure

Tema 3.

Análisis de la sostenibilidad social en el monitoreo y control de la producción de la “Pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí, en el período 2018 – 2021 / **Pág.58**

Carlos García Gutiérrez & Ángel García Gutiérrez

Tema 4.

Captura y Geolocaliza: una aplicación móvil para la recolección de datos multimedia / **Pág.70**

Mariuxí Tejada Castro; Sandra Zapata Vega & Enrique Martínez García

Tema 5.

Modelo de Simulación para el empaquetado en la industria bananera / **Pág.81**

Omar Darío Coloma Hurel; Fausto Arturo Benítez Troya & Galo David Medina Chérrez

Tema 6.

Elaboración de la aleación C91700 por medio de la norma UNS / **Pág.99**

Katusca Valle Navarro; Erwin Joaquín Murillo López & Alemán Herrera Lozano

Tema 7.

Análisis de la producción de quitina y quitosano como materia prima biodegradable / **Pág.118**

Normando López Valencia & Sandy Berrezueta Merchán

Tema 8.

Big Data como apoyo para la administración de servicios públicos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador / **Pág.130**

Ernesto Max Loján Granda & María José Trujillo Coloma

Tema 9.

Análisis de factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante un sistema eólico – solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil / **Pág.150**

Raúl Gustavo Mata Muñoz; David Alejandro Del Pino Moreira & Alexis Miguel Velásquez Jama

Tema 10.

Modelo de economía circular para reutilización del agua residual en empresas del sector CIU C-1701.05 / **Pág.161**

Luis Antonio Chica Castro; Erwin Joaquín Murillo López & Víctor Hugo Garofalo Largo

Conclusiones / **Pág.185**

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Índices

Tablas



- Tabla 1.** Parámetros del inventario de ACV en la producción de electricidad / **Pág.32**
- Tabla 2.** Consumo total de combustibles fósiles para la producción de electricidad / **Pág.35**
- Tabla 3.** Rendimientos de la producción y poder calorífico por tipo de residuo / **Pág.37**
- Tabla 4.** Flujos de producción de energía eléctrica basada en combustibles fósiles / **Pág.39**
- Tabla 5.** Potenciales flujos de producción de energía eléctrica basada en la biomasa residual / **Pág.40**
- Tabla 6.** Cantidad en el balance de masas / **Pág.52**
- Tabla 7.** Cuadro de resumen de los indicadores de desechos calculados / **Pág.55**
- Tabla 8.** Bronces; Composición Química y Aplicaciones / **Pág.102**
- Tabla 9.** Información Técnica de los Bronces / **Pág.102**
- Tabla 10.** Composición de la aleación de cobre UNS c91700 / **Pág.103**
- Tabla 11.** Formato de campos de metadatos Twitter / **Pág.143**
- Tabla 12.** Resumen de resultados de las encuestas / **Pág.155**
- Tabla 13.** Clasificación de la muestra por género / **Pág.155**
- Tabla 14.** Grupos de entrevistados / **Pág.156**
- Tabla 15.** Edad de los encuestados / **Pág.156**
- Tabla 16.** Frecuencia de uso de tomacorrientes de la institución / **Pág.157**
- Tabla 17.** Tiempo de uso de los tomacorrientes por cada ocasión / **Pág.157**
- Tabla 18.** Disposición a pagar / **Pág.158**
- Tabla 19.** Parámetros del agua residual del proceso de producción de papel periódico y bond / **Pág.170**
- Tabla 20.** Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en Ecuador / **Pág.171**
- Tabla 21.** Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en la Zona 8, Guayas / **Pág.172**
- Tabla 22.** Desperdicios no recuperables en la industria papelerera / **Pág.175**
- Tabla 23.** Parámetro de aguas residuales en la industria papelerera / **Pág.175**
- Tabla 24.** Ahorro ambiental al producir papel con materia prima reciclada, considerando un paquete de 500 hojas de papel bond / **Pág.177**
- Tabla 25.** Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales de la industria papelerera / **Pág.179**

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Índices

Figuras



Figura 1. Estructura estimación de inventario lignocelulósico / **Pág.30**

Figura 2. Etapas consideradas dentro del ACV en la producción de electricidad / **Pág.31**

Figura 3. Eficiencia en la generación de energía eléctrica por país / **Pág.32**

Figura 4. Fuentes de energía en generación eléctrica por bloque (a) MERCOSUR y (b) CAN / **Pág.34**

Figura 5. Producción agrícola desagregada por tipo de cultivo / **Pág.36**

Figura 6. Producción agrícola desagregada por cultivos primarios (a) Cono Sur y (b) CAN / **Pág.37**

Figura 7. Potencial reducción de emisiones de GEI / **Pág.40**

Figura 8. Esquema para el análisis del balance de masas / **Pág.53**

Figura 9. Fases de desarrollo de la metodología XP aplicadas en el proyecto / **Pág.76**

Figura 10. Arquitectura del proyecto de Geolocalización / **Pág.77**

Figura 11. Pasos para el proceso de simulación / **Pág.87**

Figura 12. Gráfico de la bananera y sus diferentes áreas / **Pág.88**

Figura 13. Distribuciones de probabilidad sugeridas para el proceso de desflorado / **Pág.89**

Figura 14. Gráfico de densidad de los datos de desflorado / **Pág.89**

Figura 15. Modelo conceptual del proceso a simular / **Pág.90**

Figura 16. Visualización de cuellos de botella mediante el modelo de simulación / **Pág.92**

Figura 17. Diagrama de cajas del proceso de empaclado de banano / **Pág.93**

Figura 18. Modelo en Flexsim de la empacadora de banano de la empresa Aso. Guayas / **Pág.94**

Figura 19. Gráfico de entrada de cajas al camión (sink) por hora de la situación actual / **Pág.95**

Figura 23. Entrada de cajas al camión (sink) por hora de la propuesta de mejora / **Pág.96**

Figura 24. Secuencia de operaciones para elaboración de aleación madre / **Pág.104**

Figura 25. Secuencia de operaciones para elaboración de aleaciones a partir de aleación madre / **Pág.111**

Figura 26. Secuencia de operaciones para elaboración de aleaciones por método directo / **Pág.112**

Figura 27. Microscopía C91700 experimental con el método de la aleación madre / **Pág.113**

Figura 28. Microscopía C91700 experimental con el método directo / **Pág.114**

- Figura 29.** Características Big Data / **Pág.134**
- Figura 30.** Arquitectura MapReduce / **Pág.135**
- Figura 31.** Etapas 1 y 2 de arquitectura Big Data / **Pág.136**
- Figura 32.** Etapas 3 y 4 de arquitectura Big Data / **Pág.137**
- Figura 33.** Arquitectura Flume – Hadoop Map Reduce / **Pág.138**
- Figura 34.** Estructura de análisis de texto / **Pág.140**
- Figura 35.** Estructura básica Geolocalización / **Pág.142**
- Figura 36.** Captura de pantalla de TrendsMap en acción / **Pág.143**
- Figura 37.** Arquitectura Hadoop – ODBC / **Pág.144**
- Figura 38.** Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en Ecuador / **Pág.171**
- Figura 39.** Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en la Zona 8, Guayas / **Pág.172**
- Figura 40.** Proceso general en empresas papeleras / **Pág.173**
- Figura 41.** Impacto ambiental generado por las industrias papeleras / **Pág.174**
- Figura 42.** Ciclo de vida del papel / **Pág.176**
- Figura 44.** Ciclo para el tratamiento de aguas residuales en industria papelera / **Pág.177**
- Figura 45.** Tratamiento de aguas residuales en industria papelera / **Pág.178**

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Prólogo



El campo de la Ingeniería Industrial es aplicable para cualquier ámbito del quehacer diario. por tanto, sus estudios y proyectos de investigación abarcan todo proceso que pueda ser realizado en grandes cantidades, considerando, en términos espaciales a espacios físicos o virtuales.

Resulta interesante, desde la experiencia de la Revolución Industrial hasta nuestros tiempos modernos el ser partícipes del ingenio del ser humano y como, a través de la generación y aplicación de los conocimientos adquiridos la academia, como tal se expande a espacios aun sin delimitar, como lo es el caso del espacio virtual sin que ello implique una abstracción de una verdad fáctica, vivimos en un planeta de recursos finitos.

Cada una de las investigaciones que acepten o rechacen una hipótesis el simple hecho de tener una respuesta, científicamente probables es una contribución al saber.

La presente compilación es una demostración del interés de la comunidad académica al trascender del saber para aportar, mejorar y ampliar el confort y bienestar de las generaciones presentes y futura.

Obras como las que se tiene en este instante, logra marcar un espacio para el conocimiento que a partir de su propagación no tendrá otro camino que el de avanzar, trascender y mejorar.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Introducción



El presente libro muestra 10 temas, en los que cada uno de los investigadores exponen una experiencia aplicada en el campo de la ingeniería Industrial de distinta índole que se pretenden describir brevemente con el objetivo de destacar no sólo la temática sino la metodología científica que han escogido cada uno para materializar los saberes tal y como lo exige el compromiso ético y moral al que se adhiere todos los actores partícipes en el escenario de la academia.

El primer tema lleva por título *“Análisis del potencial de la biomasa residual para generación eléctrica en países de la cuenca amazónica”* que aborda la problemática considerando el Acuerdo de París y los compromisos de reducción de Gases Efecto Invernadero plasmados en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), se explora el potencial de la biomasa residual de la producción agrícola para su aprovechamiento en la generación eléctrica en los países amazónicos. Los autores realizan un análisis de los procesos de generación y se estiman los inventarios lignocelulósicos para determinar el potencial de sustitución. Para el cálculo de la reducción de las emisiones se desarrolla un modelo simplificado de Ciclo de Vida.

El tema dos denominado *“Determinación de Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos para un proceso de elaboración de productos farmacéuticos”* los ingenieros realizan un análisis del manejo de un sistema de gestión de residuos sólidos y se determinaron los indicadores de gestión para una empresa que se dedican a elaborar productos farmacéuticos en Guayaquil.

Deviene el tema 3, que expone un *“Análisis de la Sostenibilidad Social en el monitoreo y control de la producción de la “Pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí, en el período 2018 – 2021”* en él los autores, usando la metodología Design Thinking, realizó un diagnóstico de la situación actual mediante entrevista técnica exploratoria semiestructurada cualitativa, a conveniencia interesante de revisar dado los hallazgos expuestos.

En el tema 4, *“Captura y geolocaliza: Una aplicación móvil para la recolección de datos multimedia”* tuvo como objetivo optimizar la recolección de datos y mejorar la confiabilidad de estos por medio de una aplicación móvil en el área de la inclusión social, liderado por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) en Ecuador.

El tema 5 muestra un *“Modelo de Simulación para el empaquetado en la industria bananera”* que busca mejorar el proceso de empaquetado de las líneas de producción de la industria bananera a través de su medición, mapeo de procesos y el desarrollo de un modelo virtual usando Flexsim, en medio de

la conciencia de los problemas en la industria como el incumplimiento en el cupo de cajas de exportación y pérdidas por desaprovechar el espacio de los contenedores

El tema 6 explora la “*Elaboración de la aleación C91700 por medio de la norma UNS*” en donde se han realizado pruebas de fusión con chatarra de cobre de conductores y estaño puro generar un elemento que aporte en el área manufacturera de objetos que requieren de alta exigencia mecánica incluyendo grandes esfuerzos superficiales a velocidades medias que suelen ser usadas para fabricar las coronas de los reductores sinfín-corona, bombas, construcciones marinas.

En el tema 7 se plantea el “*Análisis de la producción de quitina y quitosano como materia prima biodegradable*” para suplir la deficiencia de materia prima biodegradable en función de elaborar fundas bioplásticas en un sector de la ciudad de Guayaquil a través de la propuesta de un plan de negocio focalizado a una cadena de tiendas de conveniencia. Se utilizaron la entrevista y encuestas, para obtener datos significativos para calcular la estimación de la demanda, y la cantidad de materia prima a necesitar para el proceso de producción del polímero.

Adentrándose en el octavo tema se encuentra el material científico titulado “*Big Data como apoyo para la administración de servicios públicos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador*” cuya motivación se encuentra orientar la creación de una herramienta simple que sirva para mejorar la calidad de los servicios públicos abastecidos por la Municipalidad de Guayaquil. Allí, se revisan y analizan tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 tal como el ecosistema Big Data asociado con aplicaciones de geolocalización que muestran mapas web de seguimiento y control, de manera que tanto autoridades como ciudadanos puedan monitorear gráficamente los problemas de la ciudad. Este estudio sugiere que es posible construir una arquitectura tecnológica con herramientas de código abierto para abordar temáticas de gestión de calidad de servicios comunitarios y al mismo tiempo coadyuvar al logro de metas de sostenibilidad ambiental.

El “*Análisis de factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante un sistema eólico – solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil*” se organiza como noveno tema, que se justifica en la búsqueda de fuentes de energía renovable reconociéndola como uno de los desafíos más grandes que enfrentan las diferentes economías alrededor del mundo. Se presenta un estudio para determinar la factibi-

lidad para implementar el mencionado sistema híbrido, para generación de energía eléctrica, en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil en Ecuador.

Esta obra cierra con el “*Modelo de economía circular para reutilización del agua residual en empresas del sector CIU C-1701.05*” que parte de la idea de que la economía circular es un modelo que puede contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS). Se planteó el objetivo de diseñar un modelo de economía circular para reutilización del agua residual en empresas del sector CIU C-1701.05 en Ecuador. En su metodología logran caracterizar a la industria del papel.

Cada uno de estos temas encierra una mística investigativa que se destaca con su publicación pues se hace evidente los esfuerzos de cada uno de los participantes en resolver problemas sensibles para la vida humana y verificar, a través de la ciencia que la academia sólo se hace útil cuando resuelve los problemas cotidianos de la vida humana.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema 1

**Análisis del potencial de la biomasa residual para
generación eléctrica en países de la cuenca amazó-
nica.**

Daniel Ortega Pacheco

Escuela Superior Politécnica del Litoral;
Guayaquil, Ecuador
daviorte@espol.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7678-5826>

Eduardo Almeida Benalcázar

Delft University of Technology;
Países Bajos; Delft
E.F.AlmeidaBenalcazar@tudelft.nl
<https://orcid.org/0000-0003-1786-3948>

Pedro Luis Castro Verdezoto

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
luis.castroverd@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3450-9855>



Resumen

En el contexto del Acuerdo de París y los compromisos de reducción de Gases Efecto Invernadero plasmados en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), se explora el potencial de la biomasa residual de la producción agrícola para su aprovechamiento en la generación eléctrica en los países amazónicos. Se plantea este estudio como una exploración inicial de la bioeconomía para facilitar la transición de una estructura productiva con base fósil hacia productos de valor agregado con base biológica. Se realiza un análisis de los procesos de generación y se estiman los inventarios lignocelulósicos para determinar el potencial de sustitución. Para el cálculo de la reducción de las emisiones se desarrolla un modelo simplificado de Ciclo de Vida. En consecuencia, Brasil y Argentina se identifican como los países con mayor potencial de sustitución debido a los altos volúmenes resultantes de la relación residuos/producción. Las cadenas productivas de soya y caña de azúcar son las de mayor potencial de aprovechamiento en el cono sur y la región andina, respectivamente. Conocimiento generado de esta exploración inicial puede contribuir a la toma de decisiones que permitan incrementar la ambición de las NDC desde la contribución climática del sector agrícola a partir de la circularidad de la bioeconomía.

Palabras clave: Bioeconomía; Generación Eléctrica; Ciclo de Vida; Reducción de GEI; NDC.

Abstract

In the context of the Paris Agreement and the commitments to reduce Greenhouse Gases embodied in the Nationally Determined Contributions (NDC), the regional potential of residual biomass from agricultural production for its use in electricity generation is explored. This study is proposed as an initial approximation to the potential of the bioeconomy to facilitate the transition from a fossil-based production structure to biologically-based value-added products. An analysis of the generation processes is carried out and lignocellulosic inventories are estimated to determine the substitution potential. To calculate the reduction of emissions, a simplified Life Cycle model is developed. Consequently, Brazil and Argentina are identified as the countries with the greatest substitution potential due to the high volumes resulting from the waste/production ratio. The soybean and sugarcane production chains have the greatest potential for promotion in the southern cone and the Andean region, respectively. Knowledge generated from this initial exploration can inform policy decision-making that allows increasing the ambition of the NDCs based on

the climate contribution of the agricultural sector and its circular bioeconomy potential.

Keywords: Bioeconomy; Power generation; Life cycle; GHG Reduction; NDC.

Introducción

El sexto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) evidencia la relación entre el cambio climático y las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (IPCC, 2021). Se acentúa la necesidad del pronto logro de la meta del Acuerdo de París sobre la reducción de los Gases Efecto Invernadero (GEI). Para el efecto, Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) se convierte en un importante instrumento para reflejar el compromiso de reducción de los países. Al respecto, estudios previos han resaltado el potencial de contribución climática de desarrollar un conjunto de actividades económicas relativas a la invención, desarrollo, producción y uso de productos y procesos basados en los recursos biológicos aprovechando la biodiversidad existente, en particular de países megabiodiversos como los de la cuenca amazónica (Ortega-Pacheco *et al.*, 2018).

La generación de electricidad es uno de los principales sectores de emisión de GEI en el mundo (IEA, 2021), de allí que diversos estudios evalúan alternativas tecnológicas o insumos no tradicionales mitigar su impacto en niveles de emisión por país (IEA, 2020; Kocak *et al.*, 2023). En este contexto, la biomasa se presenta como una alternativa viable en determinadas regiones producto de su biodiversidad o condiciones productivas (Hiloidhari & Baruah, 2011). Una característica común de estas regiones es la relación productiva vinculadas al sector agrícola y rural, donde los residuos de los cultivos agrícolas son desechados, o en el mejor de los casos su potencial energético no es aprovechado en su totalidad (Portugal-Pereira *et al.*, 2015).

Por ejemplo, Zinla *et al.* (2021) determinan las propiedades termoquímicas de estos residuos de cultivos para ser utilizado como combustible para una central térmica de biomasa para la producción de electricidad en zonas rurales de Costa de Marfil. Los resultados revelaron que los residuos de los cultivos de arroz, café y cacao tenían poderes caloríficos superiores que oscilaban entre 12,24 y 15,02 MJ/kg. Así mismo, Chauhan *et al.* (2022) estima el potencial bioenergético de 12 cultivos agrícolas cultivados en la India en función de los residuos y excedentes brutos de cultivos. Considerando que en India se producen mil millones de toneladas brutas anuales de residuos de

cultivos, la evaluación potencial para uso energético de ciertos excedentes disponibles se estima en 53.767 MW por año.

Una amplia revisión del estado del arte sobre la metodología ACV en el proceso de generación eléctrica fue desarrollada por Turconi *et al.* (2013) y Varun *et al.* (2009), el primer caso comparo todas las tecnologías existentes, mientras que en el segundo se limitó exclusivamente a fuentes renovables. En ambos casos se concluye que el uso de biomasa reduciría significativamente emisiones GEI en el sistema, pero resaltan la preponderancia de las emisiones en la infraestructura y operaciones. De allí que, empleando esta misma metodología, Chary *et al.* (2018) evalúan los impactos ambientales de la producción de energía eléctrica empleando caña de azúcar. Por su parte, Wang *et al.* (2020) evaluaron las implicaciones socio económicas y medioambientales en la producción de etanol.

Estudios previos evidencian el aprovechamiento de la biomasa. Entre ellos se destaca, Bacellar and Rocha (2010) para el aprovechamiento de la biomasa mediante la gasificación para satisfacer las necesidades de electricidad en sectores rivereños. Macedo *et al.* (2016) proponen el desarrollo de un sistema de generación eléctrica a partir de la biomasa para ampliar la cobertura en comunidades aisladas. Por su parte, Meza and Rincon (2016) desarrollaron un atlas del potencial energético de la biomasa residual mediante un sistema de información geográfica para zonas no interconectadas de la región amazónica. Cuervo and Guzmán (2020) cuantifican el potencial energético de la biomasa residual forestal y de cultivos energéticos en el Amazonas Colombo-Brasilero. De igual forma, Vargas-García *et al.* (2021) evaluaron el potencial de la biomasa en América del Sur para la producción de bioplásticos; y, Aguiar *et al.* (2022) analizaron los principales factores que influyen en el impacto, manejo y aprovechamiento de los residuos agroindustriales para mejorar la calidad medioambiental y desarrollar economía circular.

En la bioeconomía, los residuos lignocelulósicos (también llamados biomasa residual) generados a partir de las actividades agrícolas y agroindustriales representan materias primas útiles para la generación de bienes de mayor valor agregado (Ortega-Pacheco *et al.*, 2021), donde se presenta como oportunidad desplazar a materiales fósiles en las cadenas de generación eléctrica. En este contexto, el presente estudio evalúa el potencial de reducción de las emisiones de GEI que tendría esta actividad basado en un análisis simplificado del ciclo de vida – ACV (también conocida como life cycle assessment) para cuantificar las emisiones de GEI (Hauschild, 2017).

Materiales y métodos

El estudio considera como posibles nichos para el aprovechamiento de biomasa residual del sector agrícola y agroindustrial a i) los procesos de generación eléctrica basados en la combustión de materiales fósiles. La metodología describe el procedimiento seguido para cuantificar las emisiones de GEI de los dos sectores mencionados, en su situación más actual. La cuantificación de las emisiones de GEI se realiza mediante la medición del potencial de calentamiento global a 100 años (PCG, o GWP por su nombre en idioma inglés) obtenida a través de un análisis de ciclo de vida (ACV), de la cuna a la sepultura.

Teniendo presente la heterogeneidad de la estructura económico-productiva de la región, se adopta la estructura de bloques económicos como espacios de integración para aproximar el análisis: Comunidad Andina de Naciones (CAN) y Mercado Común del Sur (MERCOSUR). Este planteamiento se considera basando las características económicas-productivas de los países miembros, el análisis resultados será priorizando los países de la cuenca amazónica. La cuantificación del potencial que tendría el uso de la biomasa residual del sector agrícola para reemplazar a las materias primas fósiles en la generación eléctrica se realiza en dos etapas:

- Cuantificación de los flujos energéticos y flujos de residuos lignocelulósicos subproductos de la actividad agrícola.
- Estructura del análisis de ciclo de vida.

Se emplea datos oficiales por país o informes de organismos internacionales para mantener una estructura homogénea en el tratamiento de los datos y permitir una evaluación comparativa de los resultados. En la **Generación Eléctrica**, producto de la diversidad de fuentes, heterogeneidad en potenciales calóricos, eficiencia en procesos de transformación y demás condiciones técnicas, es deseable mantener un método homogéneo para el tratamiento de los datos. Esto permite evitar sesgos en la obtención de resultados y asegurar la comparabilidad entre los diferentes países observados. Por lo que, para la obtención de información en la generación eléctrica se emplean los Balances Nacionales de Energía para cada país empleando la base de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Figura 1.

Estructura estimación de inventario lignocelulósico.

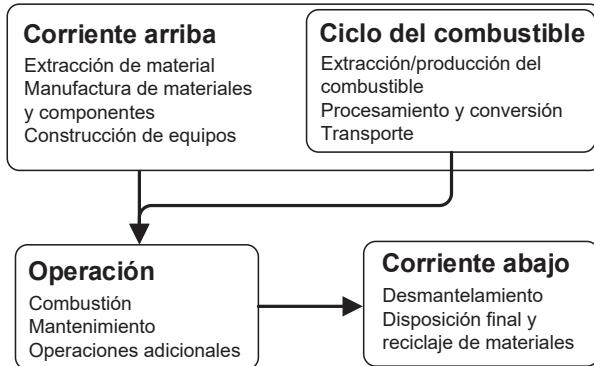


En la revisión literaria realizada no se encontraron Inventarios lignocelulósicos para la región o países estudiados. El presente estudio aproxima este inventario mediante una relación entre los niveles de producción agrícola y los residuos generados, considerando literatura o estudios previos que han estimado niveles de rendimiento, producción de residuos y potencial de aprovechamiento mediante evidencia empírica (Cervi *et al.*, 2019, 2020; Portugal-Pereira *et al.*, 2015). La producción agrícola es determinada en base a la cantidad de productos cuantificados en toneladas métricas (TM). La producción mundial de cultivos primarios se estima en 11.823 millones de TM (FAO, 2021), los países en estudio tendrían una participación del 12%, es decir 1.468 millones de TM. Los parámetros consideran la cantidad de residuos por tipo de cultivo, así como el potencial calórico de los mismos para la producción de energía mediante el aprovechamiento térmico de estos residuos (Figura 1).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) incluye las etapas comprendidas desde la cuna hasta la sepultura. Es decir, para la generación de energía eléctrica, se incluyen las emisiones no solo de los combustibles fósiles sino también de la producción, uso y disposición final de la planta de generación de energía. La Figura 3 muestra en detalle las etapas consideradas. Los índices de emisiones de GEI estimados según este esquema de conteo se presentan en la Tabla 1.

Figura 2.

Etapas consideradas dentro del ACV en la producción de electricidad.



Nota. Adaptación de NREL (2021)

Para la conversión de las unidades de masa y volumen de la utilización de los combustibles fósiles (como se muestra en la Tabla 1) a unidades energéticas, se utilizaron varios supuestos basados en referencias de literatura. El poder calorífico inferior del carbón, el crudo (y sus derivados líquidos) y el gas natural son: 25,8 MJ/kg, 42,3 MJ/kg y 36,9 MJ/m³, respectivamente (EPA, 2019). Para la conversión energética en la planta generadora, se asumieron las siguientes eficiencias térmicas: 38%, 44% y 49 % para el carbón, el crudo y el gas natural, respectivamente (O'Donoghue *et al.*, 2014; Whitaker *et al.*, 2012). 1 Bbl es equivalente a 114,4 kg de crudo. Finalmente, las emisiones relacionadas a la utilización de la biomasa residual como materia prima para la producción de energía eléctrica se incluyen en la Tabla 1, por cada etapa indicada en la Figura 2.

Tabla 1.

Parámetros del inventario de ACV en la producción de electricidad.

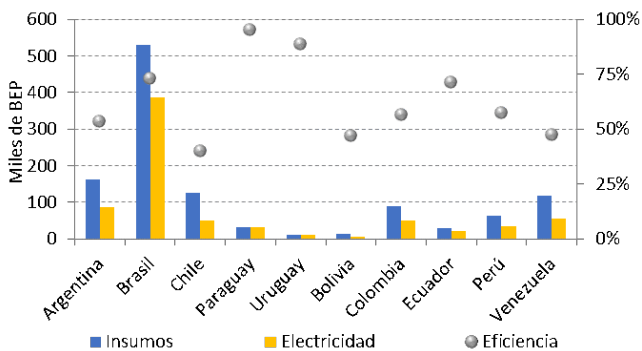
Combustible	GWP, g _{CO2e} /kWh			Eficiencia térmica (%)	Poder Calorífico Inferior MJ/(unidad)
	Mínimo	Mediana	Máximo		
Carbón	890	1001	1130	38	25,8 (/kg)
Crudo	720	840	910	44	42,3 (/kg)
Gas natural	435	486	564	49	36,9 (/m ³)
Biomasa	32	64	129	40	Ver Tabla 3

Nota. Adaptado de di Noi & Citroth, 2017; EPA, 2007, 2019; NREL, 2021; O'Donnoghue *et al.*, 2014; Whitaker *et al.*, 2012

Previa a la implementación del modelo ACV es necesario un tratamiento de datos y análisis preliminar para determinar los principales comportamientos y estructurar de manera apropiada los inventarios de emisiones. Este procedimiento permite mantener resultados consistentes y acorde a las metodologías del IPCC. La eficiencia en la transformación de energía es considerada de interés debido a su vinculación a niveles de emisiones de GEI. Un mayor parque termoeléctrico implica menor eficiencia en el proceso de transformación y por ende un mayor consumo de fuentes fósiles (Castro Verdezoto *et al.*, 2019). Por su parte; un mayor parque hidroeléctrico implica mayor eficiencia en el proceso de transformación y un menor consumo de fuentes fósiles.

Figura 3.

Eficiencia en la generación de energía eléctrica por país.



Nota. Elaborado con datos OLADE (2023)

Como se aprecia en la Figura 3, Paraguay y Uruguay demuestran mayor eficiencia en la generación de energía eléctrica, con 95% y 89%, respectivamente. Este desempeño es producto de una mayor participación hídrica en su matriz de generación. No obstante, son países de menor capacidad instalada y generación eléctrica. Por otro lado, Bolivia, Chile y Venezuela son los casos con menor eficiencia, pero con mayores niveles producción eléctrica, reflejando una oportunidad de sustitución. Brasil, es el principal consumidor y generador de electricidad. Presenta una eficiencia en su proceso de transformación del 80%.

Resultados y discusión

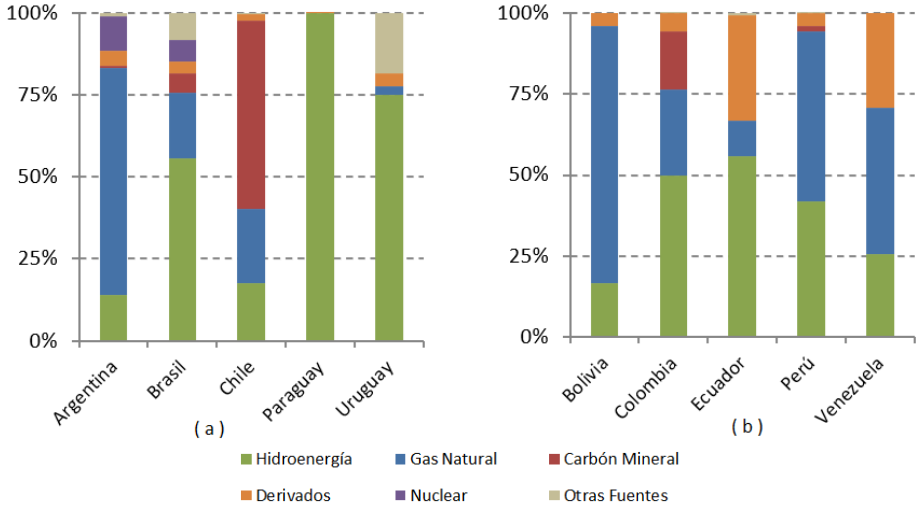
En los países en estudio tenemos un potencial incremento del 33% de eficiencia energética, donde el potencial bioeconómico podría contribuir a alcanzarlo a través de la sustitución de fuentes fósiles o la expansión de tecnologías más eficientes. Por su parte, los países de mayor aprovechamiento hidroeléctrico tendrían menor potencial de sustitución, por lo que los países con mix energético basado en generación termoeléctrica podrían aprovechar este potencial y reducción sus emisiones.

Generación Eléctrica

En la Figura 4 que la hidroelectricidad está presente en todos los países de estudio variando su grado de participación. Considerando la participación de fuentes fósiles, Chile sería el país con mayor potencial, producto de la participación del carbón mineral en la generación eléctrica (50%) y su asociado mayor impacto en GEI dentro de las fuentes fósiles (Park *et al.*, 2013). En principio un insumo carente en el mercado doméstico lo cual abre la oportunidad de sustitución de importaciones.

Figura 4.

Fuentes de energía en generación eléctrica por bloque (a) MERCOSUR y (b) CAN.



Nota. Elaborado con datos OLADE (2023)

Adicionalmente, el gas natural es priorizado en los procesos de generación, siendo este dentro de las fuentes no renovables la alternativa tecnológica de mejores rendimientos y menor emisiones de GEI (Ramírez *et al.*, 2019). Bolivia y Argentina son los casos de mayor participación de gas natural en su matriz de generación. El primero en calidad de productor-exportador de gas natural y, en el caso argentino, por la infraestructura existente en el sector residencial e industrial. Su naturaleza de productor-importador, permite en el caso argentino una oportunidad de sustitución de importaciones mediante el aprovechamiento de la circularidad de la bioeconomía.

En el caso ecuatoriano y venezolano, el consumo de combustibles de base fósil en la generación eléctrica presenta una oportunidad de sustitución con productos de base biológica. El precio relativo de estos insumos energéticos plantea un desafío de competitividad (Castro *et al.*, 2018). En este contexto, el posible aumento de ambición de las NDC de estos países definiría una oportunidad de transición considerando las significativas reducciones de GEI.

Tabla 2.

Consumo total de combustibles fósiles para la producción de electricidad.

Bloque	País	Consumo de combustibles		
		Crudo y derivados (Miles Bbls)	Gas natural Millones m ³	Carbón mineral (Miles Ton)
Cono sur	Argentina	5.369	17.347	190
	Brasil	13.431	14.343	7.539
	Chile	748	2.923	9.821
	Paraguay	4	0	0
	Uruguay	290	32	0
Comunidad Andina	Bolivia	489	1.604	0
	Colombia	4.704	3.644	3.067
	Ecuador	8.382	512	0
	Perú	2.201	4.395	192
	Venezuela	30.176	7.200	0
TOTAL		65.796	52.000	20.810

Nota. Elaborado con datos OLADE (2023)

En general, tomando todos los países del estudio, existe una participación mayoritaria de fuentes fósiles para la generación eléctrica (56%), situación semejante entre los bloques económicos. El potencial de aprovechamiento bioeconómico para la generación eléctrica es del 44%. Pese a la factibilidad técnica de sustitución, existen desafíos económicos y de mercado del carbón mineral, gas natural, derivados del petróleo que se recomienda explorar en posterior estudio. Por lo tanto, considerando los niveles actuales de eficiencia y la participación de fuentes fósiles en la generación eléctrica, estos hallazgos permiten evaluar el potencial de reducción de GEI considerando un escenario de aprovechamiento de recursos biológicos, en el que los compromisos nacionales de reducción de GEI, como los son las NDC, serían una oportunidad de apalancar la transición productiva y sustentable del sector eléctrico.

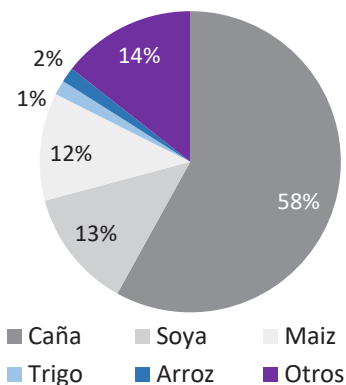
Inventario lignocelulósico

Dentro del total de la producción agrícola regional, es de resaltar el peso específico de la producción brasilera que concentra el 74%. La Nación Argentina es el segundo mayor productor con una participación del 12%, la cual es 6 veces inferior a la producción brasileña, pero equivalente a la producción de los demás países en conjunto. Así mismo, existe una contribución predominante de los países andinos, concentrando el 77% de la producción.

Los cultivos de caña de azúcar son predominantes para todos los casos, con excepción de Chile, el cual tiene una variedad de cultivos permanentes. Los cultivos de caña de azúcar, soya y trigo representan el 83% de la producción agrícola primaria. El 14% correspondiente a otros cultivos representa una producción de 209 millones de TM distribuidas entre 50 y 70 tipos de cultivo.

Figura 5.

Producción agrícola desagregada por tipo de cultivo.

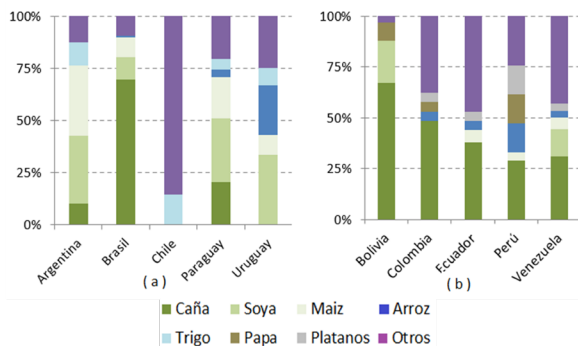


Nota. Elaborado con bases de datos (FAO, 2021)

Existen diferentes patrones de cultivo ente los bloques económicos, de allí que en el bloque de los países andinos presentan dos características de interés: 1) el cultivo de caña de azúcar tiene participaciones significativas para todos los casos, 2) existe una mayor diversificación de cultivos (Figura 6b), condición vinculada a sus condiciones geográficas y hábitos de consumo local. En los Países del Cono Sur, existe una menor diversificación de cultivos, concentrando su producción en caña de azúcar y soya. Esta condición se acentúa en Brasil donde la participación de caña de azúcar en la producción agrícola equivale al 70% de su producción anual (Figura 8a) para obtención de azúcar y etanol para consumo en el transporte vehicular (Moreira *et al.*, 2014).

Figura 6.

Producción agrícola desagregada por cultivos primarios (a) Cono Sur y (b) CAN.



Nota. Elaborado con bases de datos (FAO, 2021).

Tabla 3.

Rendimientos de la producción y poder calorífico por tipo de residuo.

Cultivo	Residuo	Razón residuo - producto, kg/kg	Poder Calorífico Inferior, MJ/kg
Caña de azúcar	Paja	0,22	18,6
	Bagazo	0,22	19,8
Soya	Paja	2,01	20,09
Maíz	Rastrojo	1,53	18,67
Trigo	Paja	1,55	19,54
Arroz	Paja	1,54	17,22
	Cascarilla	0,26	17,08

Nota. Tomado de Portugal-Pereira *et al.* (2015)

La Figura 6b muestra la participación significativa de los cultivos de papa en la producción agrícola de Bolivia, Perú y Colombia. Los cultivos de plátano tienen participaciones significativas en los países andinos, por las condiciones del litoral tropical. Los cultivos de arroz tienen participaciones considerables en los países con menos producción agrícola, resaltando que los desechos de este tipo de cultivos tienen alto valor energético para su aprovechamiento

lignocelulósico. En consecuencia, el inventario lignocelulósico considera las condiciones productivas y focaliza en la estimación de residuos producto del procesamiento de la caña de azúcar, soja y trigo para explorar el potencial de aprovechamiento. Las estimaciones lignocelulósicas de la caña de azúcar serán empleadas para evaluar el potencial en el bloque de los países andinos.

En los países de mediana producción agrícola y alta diversificación de cultivos, se prioriza el potencial de los cultivos permanentes, ya que los mismos permiten un flujo continuo de biomasa, a diferencia de los cultivos temporales o transitorios donde existiría una alta incertidumbre. Se descartarán los cultivos cuyos residuos contienen bajo poder calórico, sean por exceso de humedad o bajo contenido lignocelulósico. Su aprovechamiento en principio sería menos eficiente en conversión implicando altos consumo de energía o el uso de tecnología inmaduras asociada a altos costos de producción.

La estimación de la cantidad de residuos generados de la producción del producto agrícola primario (alimento) se realiza mediante los índices de rendimiento mostrados en la Tabla 3. Se toma en cuenta la disponibilidad de estos residuos en campo asumida en 60 % considerando que una parte de la biomasa residual (el 40%) se reincorpora al suelo por procesos aeróbicos de descomposición. Solo para el caso de la paja de la caña de azúcar la disponibilidad es de 39 %, considerando que el 35% de los cultivos de caña son quemados antes de la cosecha.

Reducción de GEI

Los resultados obtenidos para la cuantificación de los flujos energéticos de materiales, seguido por los resultados de la cuantificación de las emisiones de GEI relacionados a dichos flujos. Para la validación de los resultados obtenidos los resultados de las emisiones de GEI son comparados con datos reportados en fuentes oficiales. La Tabla 4 muestra los flujos estimados de la producción de energía eléctrica basada en la combustión de materiales fósiles, por lo que existe una comparación con flujos totales obtenidos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

Tabla 4.

Flujos de producción de energía eléctrica basada en combustibles fósiles.

País	Flujo de energía eléctrica, kWh/año (x10 ⁹)				Total estimado	Reportado por OLADE
	Combustible fósil			Petróleo y derivados líquidos		
	Carbón	Gas natural				
Argentina	2.7	0.6	87.0	90.4	80.0	
Brasil	7.9	23.5	72.0	103.3	94.0	
Chile	0.4	30.6	14.7	45.7	43.2	
Paraguay	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	
Uruguay	0.2	0.0	0.2	0.3	0.3	
Bolivia	0.3	0.0	8.0	8.3	6.6	
Colombia	2.8	9.6	18.3	30.6	14.7	
Ecuador	4.9	0.0	2.6	7.5	7.0	
Perú	1.3	0.6	22.1	23.9	22.5	
Venezuela	17.6	0.0	36.1	53.8	50.4	

En concordancia con los resultados previos, Brasil y Argentina presentan las mayores concentraciones de los países en estudio. Mientras que Uruguay y Paraguay evidencia producciones termoeléctricas más bajas. En el primer caso se presentan importaciones significativas de energía para satisfacer su demanda interna, mientras que en el caso paraguayo se explicaría debido a que la totalidad la producción proviene de fuentes hídricas.

Figura 7.

Potencial reducción de emisiones de GEI.

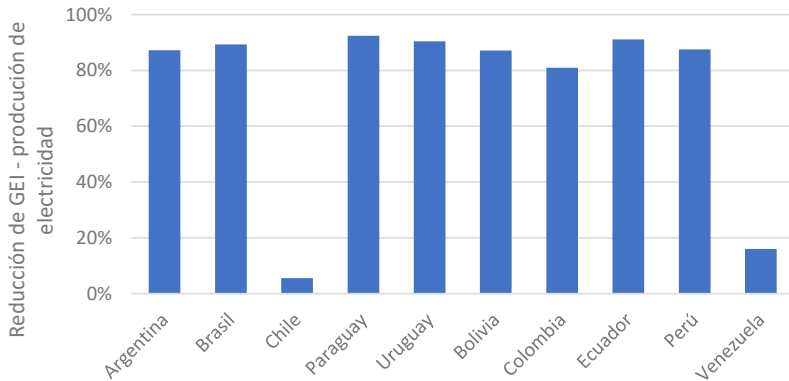


Tabla 5.

Potenciales flujos de producción de energía eléctrica basada en la biomasa residual.

País	GWh/año (x10 ³)								Total
	Cultivo	Caña de azúcar		Soya	Maíz	Trigo	Arroz		
	Residuo	Paja	Bagazo	Paja	Rastrojo	Paja	Paja	Cascarilla	
Argentina		3.1	5.1	147.3	107.2	38.9	0.0	0.0	301.6
Brasil		132.2	216.5	304.5	190.7	0.0	18.1	3.0	865.0
Chile		0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8
Paraguay		1.0	1.7	22.7	10.5	2.7	1.9	0.3	40.8
Uruguay		0.0	0.0	7.5	1.5	1.5	3.5	0.6	14.6
Bolivia		1.7	2.7	8.0	0.0	0.0	2.2	0.4	15.0
Colombia		5.7	9.4	0.0	0.0	6.0	5.5	0.9	27.5
Ecuador		1.6	2.7	0.0	2.8	2.2	0.0	0.0	9.3
Perú		1.9	3.1	0.0	3.0	10.6	9.3	1.6	29.6
Venezuela		0.8	1.3	5.2	1.4	1.0	0.0	0.0	9.7

Para todos los países considerados, con excepción de Chile, Colombia y Venezuela la utilización de los flujos actuales de biomasa residual como insumo para la generación de energía eléctrica podría ser suficiente para reemplazar un 100 % de los combustibles fósiles. En términos de emisiones de

GEI evitadas, el efecto de este reemplazo sería importante. Estos resultados evidencian el potencial de reducción de GEI en la región producto del aprovechamiento de la biomasa residual que permitiría elevar el cumplimiento de los objetivos de las NDCs así como explorar su incremento de ambición de existir la disponibilidad de recursos requeridos.

En la mayoría de los países se puede lograr una sustitución del 100% de los combustibles fósiles puede ser reemplazado por la biomasa residual (Figura 7), la reducción de emisiones de GEI alcanza alrededor del 90 %. Para Chile, Colombia y Venezuela, la reducción sería del 6, 81 y 16 %, respectivamente. Cabe notar que en el caso colombiano la reducción de GEI podría ser mayor si se usan los datos de producción energética de la OLADE.

Cabe recalcar que actualmente, los equipos de generación eléctrica que son capaces de utilizar la biomasa residual como combustible, utilizan al menos un 50% de carbón mineral pulverizado junto con un 50% de biomasa residual (Livingston *et al*, 2016). Esto hace que, teniendo en cuenta la tecnología actual, el potencial para la reducción de las emisiones de GEI mostrado en la Tabla 5, sea un 50% menor, por lo menos. Por otra parte, la adecuación de los sistemas actualmente instalados en la región de generación eléctrica para que acepten el uso de biomasa como combustible puede conllevar altas inversiones de capital; el costo del transporte de la biomasa desde los campos hasta las plantas de generación eléctrica es otro reto a superar.

Finalmente, dentro de las posibilidades para aprovechar la energía química contenida en la biomasa residual, está su transformación en combustibles y sustancias químicas, por medio de gasificación, licuefacción o fermentación. Tales tecnologías aprovechan el carbono contenido en la biomasa, reemplazando al carbono fósil. La energía eléctrica para tales procesos puede venir de fuentes renovables como plantas hidroeléctricas, turbinas eólicas, celdas fotovoltaicas, entre otras (Livingston, 2016).

Conclusiones

El uso de la biomasa residual en los países de estudio se presenta como una alternativa menos contaminante para la generación eléctrica con importante contribución a la reducción de niveles de GEI aportando al logro de objetivos actuales en las NDC. En términos absolutos, Brasil y Argentina son los países con mayor potencial de sustitución producto de la extensión geográfica, tamaño de mercado y volumen de producción. En términos relativos, Paraguay y Perú serían los principales beneficiados de esta transición pro-

blemente por el uso más intensivo del recurso hídrico y gas natural en la generación eléctrica.

En los países del cono sur los residuos de la producción de soya tienen la mayor relevancia en la generación eléctrica debido a dos factores: una ratio elevada de residuos/producción, un elevado poder calorífico. Se recomienda realizar estudios focalizados en esta categoría para evaluar la factibilidad técnica y económica de su aprovechamiento.

En los países andinos los residuos de la producción de caña de azúcar tienen la mayor relevancia en la generación eléctrica, a pesar de tener una razón de residuos/producción baja, sus altos volúmenes de producción compensan esta condición. Considerando que en esta región actualmente existen aprovechamientos energéticos como la cogeneración, es recomendable explorar alternativas con tecnologías más eficientes en conversión que generen mayor valor agregado.

Conflictos de intereses

Los autores del presente artículo científico manifestamos que no tenemos conflictos de intereses en la elaboración y presentación del mismo a la comunidad científica.

Agradecimientos

Este estudio se completó gracias a la valiosa retroalimentación y financiamiento del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Referencias

- Aguiar, S., Enríquez Estrella, M., & Uvidia Cabadiana, H. (2022). Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Axioma*, *1*(27), 5–11. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- Bacellar, A. A., & Rocha, B. R. P. (2010). Wood-fuel biomass from the Madeira River: A sustainable option for electricity production in the Amazon region. *Energy Policy*, *38*(9), 5004–5012. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.023>
- Castro, P., Castro, M., & Cunha, M. (2018). Análisis Comparativo de Indicadores Energéticos de Países Miembros de la Comunidad Andina de Naciones. *Revista Técnica "Energía"*, *14*, 236–245. <https://doi.org/ISSN1390-5074>

- Castro Verdezoto, P., Vidoza, J., & Gallo, W. (2019). Analysis and projection of energy consumption in Ecuador: Energy efficiency policies in the transportation sector. *Energy Policy*, *134*(August). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110948>
- Cervi, W. R., Lamparelli, R. A. C., Seabra, J. E. A., Junginger, M., de Jong, S., & van der Hilst, F. (2020). Spatial modeling of techno-economic potential of biojet fuel production in Brazil. *GCB Bioenergy*, *12*(2), 136–157. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12659>
- Cervi, W. R., Lamparelli, R. A. C., Seabra, J. E. A., Junginger, M., & van der Hilst, F. (2019). Bioelectricity potential from ecologically available sugarcane straw in Brazil: A spatially explicit assessment. *Biomass and Bioenergy*, *122*(March 2018), 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.02.001>
- Chary, K., Aubin, J., Guindé, L., Sierra, J., & Blazy, J. M. (2018). Cultivating biomass locally or importing it? LCA of biomass provision scenarios for cleaner electricity production in a small tropical island. *Biomass and Bioenergy*, *110*(January 2017), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.01.009>
- Chauhan, A., Upadhyay, S., Saini, G., & Senthilkumar, N. (2022). Agricultural Crop Residue Based Biomass in India: Potential Assessment, Methodology and Key Issues. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *53*(PB), 102552. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102552>
- Cuervo, J., & Guzmán, J. (2020). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual forestal en el amazonas* [Universidad Francisco José de Caldas]. <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- Di Noi, C., & Ciroth, A. (GreenDelta). (2017). Calculation of energy indicators in MJ, LHV: An addition to the CED LCIA method. *GreenDelta*, *2017*(October), 25. <https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2017/10/Calculation-of-energy-indicators-in-MJ-LHVs.pdf>
- EPA. (2007). Methodology for Thermal Efficiency and Energy Input Calculations and Analysis of Biomass Cogeneration Unit Characteristics. In *U.S. Environmental Protection Agency* (Vol. 1, Issue 5).
- EPA. (2019). Colombia Coal Mine Methane Market Study. *US Environmental Protection Agency, March*.

- FAO. (2021). *FAOstat Data Base*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hauschild, M. Z. (2017). Introduction to LCA methodology. In *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_6
- Hiloidhari, M., & Baruah, D. C. (2011). Crop residue biomass for decentralized electrical power generation in rural areas (part 1): Investigation of spatial availability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(4), 1885–1892. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.010>
- IEA. (2020). Energy Technology Perspectives 2020. *International Energy Agency*. <https://doi.org/10.1787/ab43a9a5-en>
- IEA. (2021). *International Energy Outlook 2021*. https://www.eia.gov/press-room/presentations/AEO2021_Release_Presentation.pdf
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Summary for Policymakers*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kocak, E., Ulug, E. E., & Oralhan, B. (2023). The impact of electricity from renewable and non-renewable sources on energy poverty and greenhouse gas emissions (GHGs): Empirical evidence and policy implications. *Energy*, *272*(February), 127125. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127125>
- Livingston, W. R. (2016). The status of large scale biomass firing: The milling and combustion of biomass materials in large pulverised coal boilers. In *IEA Bioenergy Task 32: Biomass Combustion and co-firing*.
- Macedo, W. N., Monteiro, L. G., Corgozinho, I. M., Macêdo, E. N., Rendeiro, G., Braga, W., & Bacha, L. (2016). Biomass based microturbine system for electricity generation for isolated communities in amazon region. *Renewable Energy*, *91*, 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.063>
- Meza, G., & Rincon, C. (2016). *Atlas de potencial energético de biomasa residual mediante sistemas de información geográfica* [Universidad Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/27987/Rincon.Cristian&Meza.Andres.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Moreira, J. R., Pacca, S. a., & Parente, V. (2014). The future of oil and bioethanol in Brazil. *Energy Policy*, *65*, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.055>
- NREL. (2021). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation. In *National Renewable Energy Laboratory*.
- O'Donoghue, P. R., Heath, G. A., Dolan, S. L., & Vorum, M. (2014). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Electricity Generated from Conventionally Produced Natural Gas: Systematic Review and Harmonization. *Journal of Industrial Ecology*, *18*(1), 125–144. <https://doi.org/10.1111/jiec.12084>
- OLADE. (2023). *Energy Information System of Latin America and the Caribbean - sieLAC*. Latinamerican Energy Organization. <http://sier.olade.org/>
- Ortega-Pacheco, D. V, Silva, A., López, A., Espinel, R., Inclán, D., & Mendoza-Jiménez, M. J. (2018). *Tropicalizing Sustainable Bioeconomy: Initial Lessons from Ecuador* (pp. 187–203). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73028-8_11
- Ortega-Pacheco, D. V., Castro-Verdezoto, P. L., Mendoza-Jiménez, M. J., Almeida Benalcázar, E., & Castro, M.-P. (2021). Social and Economic Contribution of the Bioeconomic Sector in Ecuador. In R. Venkatramanan, V. Shah, S. Prasad (Ed.), *Sustainable Bioeconomy* (pp. 35–65). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-15-7321-7_3
- Park, N. B., Yun, S. J., & Jeon, E. C. (2013). An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in the Korean electricity sector. *Energy Policy*, *52*, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.021>
- Portugal-Pereira, J., Soria, R., Rathmann, R., Schaeffer, R., & Szklo, A. (2015). Agricultural and agro-industrial residues-to-energy: Techno-economic and environmental assessment in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, *81*(April), 521–533. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.08.010>
- Ramirez, A. D., Rivela, B., Boero, A., & Melendres, A. M. (2019). Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity generation technologies: A contribution based on the Ecuadorian experience. *Energy Policy*, *125*(November 2018), 467–477. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.005>

- Turconi, R., Boldrin, A., & Astrup, T. (2013). Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *28*, 555–565. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.013>
- Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., & Dávila-Rincón, J. (2021). Biomass potential in south America for the production of bioplastics. A review. *Revista Politecnica*, *48*(2), 7–20. <https://doi.org/10.33333/rp.vol48n2.01>
- Varun, Bhat, I. K., & Prakash, R. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(5), 1067–1073. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.004>
- Wang, C., Malik, A., Wang, Y., Chang, Y., Lenzen, M., Zhou, D., Pang, M., & Huang, Q. (2020). The social, economic, and environmental implications of biomass ethanol production in China: A multi-regional input-output-based hybrid LCA model. *Journal of Cleaner Production*, *249*, 119326. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119326>
- Whitaker, M., Heath, G. A., O'Donoghue, P., & Vorum, M. (2012). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Coal-Fired Electricity Generation: Systematic Review and Harmonization. *Journal of Industrial Ecology*, *16*(SUP-PL.1). <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00465.x>
- Zinla, D., Gbaha, P., Koffi, P. M. E., & Koua, B. K. (2021). Characterization of rice, coffee and cocoa crops residues as fuel of thermal power plant in Côte d'Ivoire. *Fuel*, *283*(July 2020). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119250>

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema 2

Determinación de indicadores de gestión de residuos sólidos para un proceso de elaboración de productos farmacéuticos.

Arturo Enrique Sánchez Granja

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

arturo.sanchezg@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2449-2428>

Priscilla Elizabeth Moreno Marcial

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

priscilla.morenoma@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8213-3533>

Omar Darío Coloma Hurel

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador

omar.colmah@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6817-6972>



Resumen

En este artículo se realizó un análisis del manejo de un sistema de gestión de residuos sólidos y se determinaron los indicadores de gestión para una empresa que se dedican a elaborar productos farmacéuticos en Guayaquil. Este estudio contribuye a minimizar el impacto ambiental por causa de una mala gestión de los desechos, el fomentar cada vez más en el entorno empresarial la filosofía de la sustentabilidad creando conciencia sobre los retos que supone la gestión de residuos sólidos. Durante el proceso se identificó información preliminar importante que permitió identificar los residuos sólidos generados por la empresa, la variación que tienen cada uno de los desechos a lo largo del tiempo, empleando el análisis de un balance de masas con las tasas de generación y recolección de residuos. Se describió el proceso del trabajo desarrollado, presentando los resultados obtenidos sobre selección del tamaño del contenedor para el uso de las instalaciones realizando un control de los desechos.

Palabras Claves: Residuos Sólidos, Desechos, Contaminación, Medio Ambiente.

Abstract

In this article, an analysis of the management of a solid waste management system was carried out and the management indicators for a company dedicated to the production of pharmaceutical products in Guayaquil were determined. This study contributes to minimizing the environmental impact due to poor waste management, promoting the philosophy of sustainability more and more in the business environment, creating awareness about the challenges posed by solid waste management. During the process, important preliminary information was identified that allowed identifying the solid waste generated by the company, the variation that each waste has over time, using the analysis of a mass balance with the generation and collection rates of waste. The work process developed was described, presenting the results obtained on the selection of the size of the container for the use of the facilities, carrying out a waste control.

Keywords: Solid Waste, Waste, Pollution, Environment.

Introducción

El deterioro del medio ambiente se ha convertido en una problemática en la actualidad y con el pasar del tiempo ha hecho que las empresas busquen minimizar el impacto ambiental, y a su vez obtener beneficios económicos para generar desarrollo sostenible.

A través de la gestión de residuos sólidos las empresas se enfocan en implementar acciones ambientalmente viables al momento de cubrir una necesidad al momento de crear responsabilidad en preservar la integridad de los recursos y generar conciencia ambiental.

Este estudio pretende analizar el manejo de un sistema de gestión de residuos sólidos y determinar los indicadores de gestión de una empresa dedicada a la fabricación de medicamentos de uso humano y con ello a través de la información obtenida precisa de la basura generada producto de las actividades productivas. El objetivo principal es determinar indicadores de gestión de residuos sólidos para el proceso de elaboración de productos farmacéuticos por esa razón en este trabajo se tomó como referencia teorías usadas en investigaciones previas como:

La teoría de la conservación de la materia que establece que la masa no se crea ni se destruye solo se transforma y la teoría de la gestión ambiental y la sostenibilidad que está enfocada en lograr un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección ambiental y la justicia social.

En este trabajo se realizó un diagnóstico de la situación actual evaluando las razones del mal funcionamiento analizando características y determinando las causas de la generación de residuos sólidos.

Se determinó el estado inicial de la gestión de residuos sólidos existente en la planta Guayaquil, evaluando los elementos funcionales de dicho sistema para poder identificar las principales fuentes de desechos y potenciales agentes contaminantes generados durante los procesos productivos de la planta Guayaquil y tener una referencia para la planta Durán.

Sistema de Gestión de Residuos

Sistema de Gestión Integrado (SGI): Parte del sistema de Gestión que incluye la estructura organizacional, la planificación de actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, procesos, recursos para desarrollar, implementar revisar y mantener al día los objetivos y las políticas de los Sistemas de Calidad, que establece un conjunto de características inherentes de un producto o servicio para cumplir con los requisitos establecidos.

Del Sistema Medio Ambiental, que tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de gestión ambiental (SGA) eficaces para ser integrados con otros requisitos de gestión, ayudando a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas (De la Cruz & Niño, 2016).

El alcance del Sistema de Gestión Ambiental diseñado se circunscribe al proceso de producción farmacéutica, el cual involucra la planta de producción farmacéutica y otras áreas independientes que se relacionan con el proceso productivo, tales como: almacén de materia prima, control de calidad físico-químico, control de calidad biológico y bioferio, planta de producción de agua destilada y despachos de producto terminado, sin embargo, en algunos programas, procedimientos e instructivos se hizo necesario involucrar otras áreas como el área administrativa, salud ocupacional y seguridad industrial ingeniería – mantenimiento y casino (González Vaca & Rincón López, 2004).

El Sistema de Gestión Integral para el manejo de residuos hospitalarios y similares se entiende como el conjunto coordinado de personas, equipos, materiales, insumos, suministros, normatividad específica vigente, plan, programas, actividades y recursos económicos, los cuales permiten el manejo adecuado de los residuos por los generadores y prestadores del servicio de desactivación y servicio especial de aseo (Quispe Cruz, 2016).

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales y que también responde a expectativas públicas (Barros Rosales & Ortiz Solano, 2010).

Los residuos hospitalarios que se generan dentro del ámbito de los servicios del Hospital producto de las atenciones médicas son de riesgo ambiental y sanitario su manejo; para lo cual se ha desarrollado la fase de diagnóstico y caracterización desarrollados en siete días lo que permitirá identificar el impacto ambiental que se produce por el inadecuado manejo.

El análisis del trabajo será primero comparativo luego descriptivo y finalmente prospectivo, esto sobre los elementos de gestión que se encuentren luego de relacionarlos, con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional modelo Ecuador. Posteriormente se hará la implementación en el plan de acción del sistema de gestión Modelo Ecuador (Fernández Vargas & Lara Satán, 2013).

Situación actual de la empresa

Se realizó un diagnóstico de la situación actual evaluando las razones del mal funcionamiento analizando características y determinando las causas de la generación de residuos sólidos.

Se determinó el estado inicial de la Gestión de Residuos Sólidos existente en la planta Guayaquil, evaluando los elementos funcionales de dicho sistema para poder identificar las principales fuentes de desechos y potenciales agentes.

Actualmente existen modelos de Sistemas de Gestión ambiental aceptados. Así, encontramos dos modelos referentes, estos son la ISO 14001 y el Reglamento Europeo 761/2001. Este último constituye un reglamento en el ámbito de la Unión Europea que dispone de un estatus legal y lleva a cabo una aproximación más prescriptiva en la gestión de los aspectos ambientales que la ISO 14001.

Análisis del cumplimiento legal

En el Ecuador existen normativas ambientales que controlan la gestión de los residuos sólidos, entre ellos se citan las siguientes en la Constitución del Ecuador. R.O. N° 449, 20-10- 2008 Art. 396, Art. 397; donde se expresa que todos tenemos derecho a vivir en un ambiente sano y además sobre la imprescriptibilidad de los daños ambientales.

Código Orgánico Integral Penal publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 180 del 10 de febrero del 2014 Art. 254, en la que se establece la gravedad de la pena a las personas que no se acojan a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país.

Metodología

En este trabajo se realizó una investigación de campo aplicada al obtener los datos de fuentes primarias debido a que los datos obtenidos de la cantidad de residuos registrada en la empresa permiten identificar la tasa de generación de residuos sólidos.

El procedimiento metodológico que se utilizó para recopilación de los datos fue la observación directa al momento de pesar los desechos generados por mes se obtuvo información del volumen de los mismos que permitirá elaborar el balance de masas.

En otras palabras, deberá cumplirse que:

Tabla 6.

Cantidad en el balance de masas.

Descripción	Cantidades (toneladas)
Material almacenado	2,72
Material de entrada	500,40
Material de salida	417,42

Se empleó el esquema para el análisis del balance de masas utilizado para determinar las tasas de generación de residuos y aplicado como un método para cuantificar las cantidades de residuos sólidos.

Se aplicó el análisis documental, lo que permitió obtener datos a partir de las fuentes secundarias y se revisaron artículos científicos y diversa documentación que guarda relación con la gestión de residuos sólidos.

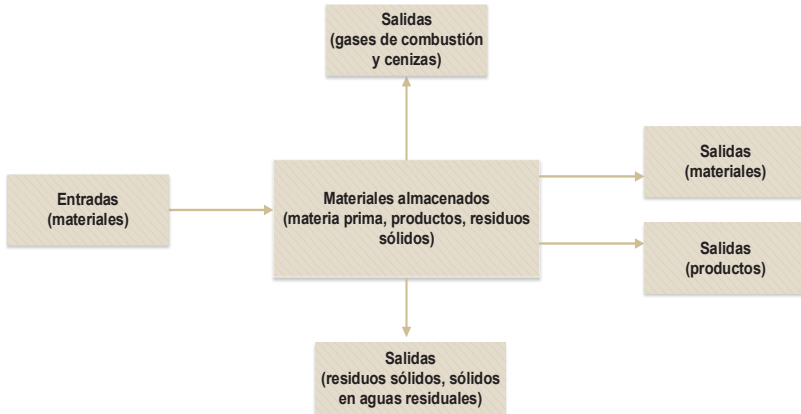
Se utilizaron las técnicas estadísticas para analizar las tasas de generación de residuos al definir un límite de sistema alrededor del proceso que permita simplificar los cálculos de los datos requeridos dentro del proceso de balance de masas.

Luego se determinaron las cantidades de desechos generados mediante las visitas a la planta donde empleando la observación directa se recopiló la información (peso de los residuos sólidos)

Con la información recopilada se realizaron gráficos de línea que permitió visualizar la variación de los desechos en el periodo de tiempo de un año.

Figura 8.

Esquema para el análisis del balance de masas.



Nota. Adaptado de (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1998)

Los siguientes datos corresponden a a varias entrevistas realizadas a la dirección técnica de la compañía proporcionando la siguiente información correspondiente a un año de producción:

La empresa en el año recibió 460,36 toneladas que equivalen a la materia prima para proceso 9,55 toneladas de plástico, 27,15 toneladas de cartones, 3,05 toneladas de otros materiales y 0,29 toneladas de reactivos.

Adicional a eso se laboró diagramas de flujo de entradas y salidas, UNA preparación previa del trabajo de campo (revisión de marco conceptual, recopilación de criterios legales en materia de residuos sólidos) Pre – muestreo (cronograma de visitas a la planta Guayaquil para la determinación de las cantidades de desechos generados).

- Muestreo (levantamiento de información encampo).
- Determinación de los elementos funcionales del sistema generación de residuos a analizar.
- Aplicación de la metodología para la determinación del contenedor óptimo.
- Diseño del centro de acopio de residuos.

Resultados

Los resultados fueron los siguientes

Desechos peligrosos: estos desechos son aquellos que, por sus características corrosivas, reactivas, toxicológica, inflamables, bio peligrosas, representan un peligro para la salud humana y al medio ambiente.

Desechos no peligrosos: aquellos que por sus características no representan peligro a la humanidad ni al medio ambiente.

Los datos tabulados corresponden a la información obtenida del balance de masas, incluida los desechos generados producto de actividades auxiliares.

Desechos peligrosos

$$\begin{aligned} \frac{46,81 \text{ t}}{415,84 \text{ t}} \times \frac{1000 \text{ kg desecho peligroso}}{1 \text{ t desecho peligroso}} \\ = 112,56 \frac{\text{kg desecho peligroso}}{\text{tonelada de producto}} \end{aligned}$$

Lo que significa que la compañía produce 112,56 kg de desecho peligroso por cada tonelada de producto elaborado.

Desechos no peligrosos

$$\begin{aligned} \frac{3,33 \text{ t}}{415,84 \text{ t}} \times \frac{1000 \text{ kg desecho no peligroso}}{1 \text{ t desecho no peligroso}} \\ = 8,01 \frac{\text{kg desecho no peligroso}}{\text{tonelada de producto}} \end{aligned}$$

En términos de desechos no peligrosos, por cada tonelada de producto fabricado, se generan 8,01 kilogramos estos residuos.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los indicadores de residuos calculados:

Tabla 7.

Cuadro de resumen de los indicadores de desechos calculados.

Tasa de Generación por desechos generado	
Residuos generados	Tasa de generación Kg residuo/ton producto
Plástico	0,6
Cartones	2,0
Otros materiales	1,3
Residuos Sólidos MP	110,7
AARRII	77,5
Reactivos puros	0,6
Tasa de Generación por tipo de Desecho generados	
Desechos peligrosos	112,56
Desecho no peligroso	8,01

Discusión

En esta parte se interpretan los resultados realizando un análisis que tiene relación con el problema de investigación, que la empresa pueda establecer un mejor plan estratégico y operativo y mejorar su productividad.

Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que es importante para la recopilación de la cantidad de los desechos generados, método de “Análisis del número de cargas” el que se enfoca en anotar durante un periodo de tiempo específico, el número de cargas individuales y las correspondientes características de los residuos.

Existen desechos peligrosos que se generan en la compañía como el ácido acético, metanol puro, solvente dimetilformamida, mezcla de ácidos, desechos de HPLC, reactivos, lámparas fluorescentes, aceite usado, waipes, envases contaminados, frasco de solventes.

De los desechos total generados en la compañía, se obtuvo que el 56% corresponde residuos concebidos en el proceso de elaboración de productos farmacéuticos, y el 39% corresponde a producto mezclado con las aguas residuales, que representan las mayores fuentes de generación de residuos en la compañía.

La compañía no ha implementado medidas orientadas a minimizar las cantidades generadas durante el proceso productivo. Esto debido al desconocimiento de las cantidades de desechos generados en este rubro.

Se generan 110,7 kilogramos de residuos de producción por cada tonelada de producto fabricado, además de 77,5 kilogramos de materias primas se desechan como residuos líquidos al fabricar 1 tonelada de producto.

Por cada tonelada de producto fabricado se generan 0,6 kilogramos de reactivos puros utilizados en el laboratorio de control de calidad.

Referencias

- Barros Rosales, D. G., & Ortiz Solano, J. N. (2010). *Evaluación de rendimientos en el sistema de gestión final de los residuos sólidos del Cantón Mejía*. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://repositorio-latinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1055802>
- De la Cruz, F., & Niño, G. L. (2016). *Propuesta de un Sistema de Gestión Integrado para una planta del sector farmacéutico: Sistemas de Gestión de Calidad, Ambiental y Sistema de Gestión en Control en una planta farmacéutica en Cali*. Cali: Universidad del Valle. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10893/10007>
- Fernández Vargas, S., & Lara Satán, Á. M. (2013). *Modelo de sistemas de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional basado en el modelo Ecuador para la empresa ecuatoriana de productos*. Maestría en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad, Ambiente y Seguridad. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5337>
- González Vaca, D. M., & Rincón López, A. M. (2004). *Diseño del sistema de gestión ambiental para la planta de producción farmacéutica de la empresa colombiana de productos veterinarios S.A. - Vecol S.A. con base en los requisitos de la NTC ISO 14001*. Bogotá: Universidad de la Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1539
- Quispe Cruz, C. S. (2016). *Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Hospitalarios del Centro de Salud CLAS*. Ciudad Nueva - Tacna: Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/498>

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos, Volumen I*. Mexico, D.F.: McGRAW-HILL.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

3

Análisis de la sostenibilidad social en el monitoreo y control de la producción de la “Pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí, en el período 2018 – 2021.

Carlos García Gutiérrez

Escuela Superior Politécnica del Litoral;
Guayaquil, Ecuador
carantga@espol.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2474-9249>

Ángel García Gutiérrez

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
angel.garciag@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-7178-2511>



Resumen

El presente trabajo investigativo tuvo como fin “Analizar la sostenibilidad social en el monitoreo y control de la producción de la “pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí, en el período 2018 – 2021, usando la metodología Design Thinking, para la propuesta de lineamientos de políticas públicas”. Se realizó un diagnóstico de la situación actual mediante entrevista técnica exploratoria semiestructurada cualitativa, a conveniencia, determinándose una insuficiente vigilancia en el monitoreo y control en la producción de pitahaya al fenecer el Plan Nacional de la Mosca de la Fruta PNMF, en noviembre 2021, vulnerándose el derecho de carácter estructural, ratificando así la necesidad de formular política pública para la continuidad del monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta. Se idearon alternativas de solución que fueron ponderadas, obteniendo como resultado una priorización de soluciones enmarcados en el ámbito de la gobernanza (44%), buenas prácticas agrícolas (33%) y participación de productores (22%), estableciendo de esta manera la importancia de la intervención directa del gobierno mediante la autoridad competente.

Palabras clave: Producción, Pitahaya, Agrocalidad, Plaga Mosca.

Abstract

The purpose of this research work was to “Analyze social sustainability in the monitoring and control of the production of the “pitahaya” managed by Agrocalidad, in the province of Manabí, in the period 2018 - 2021, using the Design Thinking methodology, for the proposal of public policy guidelines”. A diagnosis of the current situation was made through a qualitative semi-structured exploratory technical interview, at convenience, determining insufficient vigilance in the monitoring and control of pitahaya production when the PNMF expired in November 2021, violating the right of a structural nature, thus ratifying the need to formulate public policy for the continuity of monitoring and control of the fruit fly pest. Solution alternatives were devised that were weighted, obtaining as a result a prioritization of solutions framed in the field of governance (44%), good agricultural practices (33%) and producer participation (22%), thus establishing the importance of direct government intervention through the competent authority.

Keywords: Production, Pitahaya, Agroquality, Fly, Plague.

Introducción

Cada vez es mayor el número de agricultores interesados en el sembrío de la pitahaya para exportación en el país (Agrocalidad, 2021), muchos de ellos lo realizan incentivados por vecinos agricultores sin tener el debido conocimiento de las buenas prácticas agrícolas que este tipo de sembrío demanda, además, agricultores que ya poseen sembríos no están dispuestos aplicar las buenas prácticas agrícolas debido a su idiosincrasia que lo lleva al trabajo de mínimo esfuerzo y si no están supervisados, no realizan el monitoreo y control de la plaga a conciencia. Por tal razón, es menester persuadir a los agricultores de los sembríos para concientizar y cambiar sus hábitos de cultivo con una oportuna asistencia técnica que cambie la cultura en los agricultores (Téllez Gaitán, 2016).

A raíz del fenecimiento del PNMF, la institución técnica quedo acéfalo del recurso humano técnico especializado, además, el gobierno actual acaba de firmar acuerdos bilaterales con China para expandir el mercado de exportación de pitahaya. Por tal razón es trascendental que el gobierno regule y garantice el servicio de monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta, así como se genere la cultura de concienciación de buenas prácticas agrícolas desde la institución competente logrando el fortalecimiento institucional.

Por otro lado, el incremento de las plantaciones de sembríos de pitahaya de actores nuevos o antiguos, además de agricultores resistentes a realizar Buenas Prácticas de Agricultura (BPA) y la falta de continuo monitoreo de la fruta tropical, son los principales factores para la presencia de la plaga mosca de la fruta. Para mitigar dichos factores se debe seguir dotando de kits de productos a nuevos agricultores como parte del proceso inicial de monitoreo e incentivo al uso de las BPA (INIAP, 2020), además los agricultores antiguos tendrán que tomar responsabilidad en el monitoreo de la plaga bajo las directrices de los técnicos especializados, que realizarán citas programadas previo pago de tasas para su respectiva supervisión.

En este contexto para declararse un área libre de plagas para mosca de la fruta puede presentarse de forma natural o podría establecerse mediante un programa coordinado de supresión y erradicación. El principal elemento para el establecimiento y mantenimiento de un área libre de plagas para mosca de la fruta es la presencia de barreras geográficas, biológicas y/o climáticas que prevengan la introducción de mosca de la fruta al área libre, de no existir esta barrera natural es indispensable el establecimiento de una zona tampón (Agrocalidad, 2020).

Así mismo, las actividades de supresión para disminuir poblaciones de moscas de la fruta y erradicación para eliminar la plaga; constituyen medidas de control y se aplicarán una vez que se haya identificado el área de interés y ésta represente una zona frutícola potencial para exportar un producto.

Dentro de este contexto, para mantener un área libre de plaga es necesario que a largo plazo, el monitoreo debe ser diseñado bajo el soporte de la tecnología, donde los sistemas de vigilancia inteligentes lleven la trazabilidad de las trampas a efectos de lograr una automatización y fortalecimiento del monitoreo en las plantaciones de pitahaya.

Por otro lado, la ausencia de especialistas técnicos en el proceso de almacenamiento-empacado y el oportunismo de ciertos agricultores son factores primordiales que inciden en la posibilidad de envío de fruta no certificada para la exportación. Para mitigar estos riesgos se debe llevar un registro de hectáreas con su respectiva trazabilidad de productividad y en un futuro conectarse con el sistema integral de vigilancia inteligente.

En otro aspecto de equidad social, debe existir una regulación a través del pago de una tasa por fruta movilizada como elemento para obtener recursos que sean redistribuidos de forma equitativa con el objetivo de disminuir las brechas sociales, logrando así una sostenibilidad social que los ecuatorianos demandan varias décadas atrás.

Entonces, en el presente trabajo investigativo se analiza la sostenibilidad social en el monitoreo y control de la producción de la pitahaya, gestionada por Agrocalidad en la provincia de Manabí en el periodo 2018-2021; para el cual se consideró actores primarios del cantón Rocafuerte (productores) por tener la mayor cantidad de hectáreas registradas del cultivo de pitahaya y secundarios (autoridades y técnicos especialistas) quienes conocen la trazabilidad desde el primer productor certificado como predio libre de mosca de la fruta en la provincia.

Además, existen otros actores terciarios: exportadores y compradores (mercados internacionales), los cuales no se consideran en la problemática, por ser quienes exigen que se cumplan los requisitos de inocuidad de la fruta y no quienes les corresponda las operaciones para cumplir dichos requisitos.

Antecedentes

En Ecuador la agricultura es una actividad económica de gran relevancia, que representa la base de la economía y alimentación, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), resalta que este sector suministra, a través de sus cultivos (frutales, verduras, entre otros). Productos para una alimentación de calidad que llega a otros países y de gran aceptación en esos mercados.

En 19 años, ya con un Ecuador dolarizado, entre el 2001 hasta el 2019 se concluye lo siguiente: en la década del 2001 al 2010 los ingresos por exportaciones petroleras representaron el 52%, las tradicionales y no tradicionales llegaron al 48%. Entre el 2011 al 2019, promediando esos nueve años, las exportaciones petroleras representaron el 45% del Producto Interno Bruto (PIB) y las tradicionales y no tradicionales fueron del 55% (Banco Central del Ecuador, 2020).

Es en el año 2019 donde se aprecia un cambio sustantivo del “total de las exportaciones efectuadas, las petroleras disminuyeron 13 puntos porcentuales (39%), en tanto que las no petroleras representaron el 61% (las tradicionales bajaron en 4 puntos porcentuales (37%) y las no tradicionales aumentaron 17 puntos porcentuales (24%)”

“La pitahaya es una cactácea terrestre o epífita originaria de América Latina que crece de manera natural sobre rocas o árboles”, este es un fruto con potencial económico y alimentario regional, en Colombia, se cultiva a campo abierto, mientras que Israel se utilizan coberturas para evitar los daños causados por la iluminación.

Una plaga que afecta a todos los frutos no tradicionales de exportación llevó a Agrocalidad en cumplimiento con los cambios de la Ley y sus funciones, a emitir en 2014 un “Proyecto nacional para el manejo y control de sitios de producción libres, áreas libres y/o de baja prevalencia de moscas de la fruta en Ecuador”, cuyo control fitosanitario asegura la sanidad vegetal y, por ende, la inocuidad alimentaria, esto permitió a la pitahaya una certificación de calidad exigido por organismos internacionales.

Según el Proyecto Nacional de Mosca de la Fruta (PNMF), en el 2018 se inicia el monitoreo de 1.478 hectáreas de pitahaya a escala nacional. En la provincia de Manabí sumaron 700 Has. de sembríos de pitahaya, pero sólo 509,5 Has. lograron la certificación, las restantes, 190.5 Has. que representan el 27,2% aún están en proceso (Agrocalidad, 2019).

A inicios de 2022 la pitahaya se enfrenta a la realidad del sector agrícola, no hay recursos para continuar con el monitoreo y control de la mosca de la fruta. La institución decide sostenerlo en lo que podemos literalmente determinar como una mendicidad, es decir, sacar recursos de otros proyectos y sobrecargar el trabajo de sus técnicos.

En conclusión, la mosca de la fruta podría ganar la batalla y arrasar con los sembríos, los agricultores padecer el drama de toda la vida, sembrar riqueza y cosechar angustias, y los actuales representantes del gobierno siendo sordos, mudos y ciegos ante la realidad agropecuaria del país.

Definición del problema y relevancia

La discontinuidad de la regulación y control de la sanidad para la producción de productos no tradicionales, como la pitahaya, compromete la certificación de los productos por su falta de continuidad en la trazabilidad de este, de acuerdo con la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria, señala que el organismo encargado de dicha gestión es Agrocalidad, para llevar a efecto dicha gestión en el año 2014, se implementó el proyecto de inversión “Mosca de la Fruta” (CEPAL, 2011). En los productos no tradicionales como por ejemplo la pitahaya; el proyecto tenía un periodo de duración de 4 años con opción a renovarse por única vez 4 años más, en noviembre de 2021 dicho proyecto culminó, sin opción a renovarse.

Lo cierto es que la pitahaya representa una demanda internacional en auge y las actuales políticas del régimen de Guillermo Lasso no dimensionan ese ingreso que mejoraría las condiciones de vida en el sector rural.

Los productores de exportación, no solo de frutas sino de otras áreas estratégicas en el comercio exterior, llegaron a la Asamblea Nacional y expusieron las consecuencias del no manejo y control de los sitios de producción libres y/o de baja prevalencia de moscas de la fruta implementados y en proceso de aprobación, y determinaron las siguientes consecuencias:

Entonces el país se encuentra en un grave riesgo del ingreso de enfermedades y/o plagas en plantas, deja expuesto que la discontinuidad del monitoreo y control de la producción de la pitahaya gestionado por Agrocalidad afectaría la sostenibilidad social, en el contexto de redistribución de riquezas.

Monitoreo y control fitosanitario

La introducción y diseminación de especies de mosca de la fruta consideradas cuarentenarias para el país, representan un alto riesgo para la producción frutícola, debido a los costos relacionados a su control, y sobre todo

al eventual cierre de mercados de exportación y la restricción para el ingreso a nuevos mercados (Gómez, Las moscas de la fruta, 2012, pág. 11).

Ante la necesidad de adoptar medidas de detección y control frente a este riesgo fitosanitario, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario realiza actividades de vigilancia cuyo objetivo es detectar de forma oportuna y temprana las especies de moscas de la fruta de interés cuarentenario que no se encuentran en el país; ya que la detección de una de estas especies representaría un alto riesgo de diseminación.

Las actividades de supresión para disminuir poblaciones de moscas de la fruta y erradicación para eliminar la plaga; constituyen medidas de control y se aplicarán una vez que se haya identificado el área de interés y ésta represente una zona frutícola potencial para exportar un producto.

Un área libre de plagas para mosca de la fruta puede presentarse de forma natural o podría establecerse mediante un programa coordinado de supresión y erradicación. El principal elemento para el establecimiento y mantenimiento de un área libre de plagas para mosca de la fruta es la presencia de barreras geográficas, biológicas y/o climáticas que prevengan la introducción de mosca de la fruta al área libre, de no existir esta barrera natural es indispensable el establecimiento de una zona tampón.

Antes de designar un área como libre de mosca de la fruta, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario debe asegurarse que el área cumple con las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF) pertinentes, en particular la NIMF 4: requisitos para el establecimiento de áreas libres de plagas y la NIMF 26: Establecimiento de áreas libres de plagas para mosca de la fruta (Gómez y otros, 2005).

En este ámbito Ángel Llerena Zambrano Ingeniero Agropecuario, y Máster en Tecnología Agroambiental para una Agricultura Sostenible por la Universidad Politécnica de Madrid, propone la agricultura digital esta permite utilizar un sin número de herramientas tecnológicas que se pone a disposición para el mundo del agro, la cual consiste en monitorear diferentes variables del suelo, ambiente, recolectando y analizando los datos.

La tecnología en la agricultura aumenta un mayor rendimiento de los cultivos, mejor la calidad, ayuda a comprender qué factores gobiernan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria. Así como también reduce intervenciones humanas bajando el rubro del personal, disminución de la utilización innecesaria de fertilizantes, pesticidas y combustible, reduce las probabilidades de enfermedades o

condiciones climáticas adversas luchando contra las sequías, la escasez y el hambre.

Sabemos que el mundo ha venido evolucionando y la agricultura no se podía quedar atrás, siendo uno de los pilares más importantes en el desarrollo del ser humano. Por lo tanto, la transformación de la agricultura convencional a agricultura digital es una realidad (Llerena Zambrano, 2020).

Materiales y métodos

La metodología Design Thinking, consiste en ejercicios prácticos de disciplinas humanísticas, como la sociología o la psicología cuyo objetivo es llevar a cabo talleres donde todos los participantes, independiente de su formación o etnia social, sea capaz de identificar problemas, empatizar, idear, prototipar y testear soluciones, antes que el producto o servicio salga al mercado (Rizo Casado, 2021).

Según Villaseca Morales y González Pérez (2021), las fases de la metodología de Design Thinking son: empatizar, definir, idear, prototipar y testear.

Esta herramienta permite obtener hallazgos, con el cual se establecen alternativas de solución innovadoras, creativas y participativas, siendo los actores involucrados los cocreadores de los lineamientos de políticas públicas en materia de sanidad vegetal y sostenibilidad social.

Resultados

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos del análisis y ejecución de las diferentes fases de la metodología Design Thinking en el contexto de las diversas etapas de la formulación de políticas públicas vigentes en el país.

En la etapa preparatoria, se exploró en sitios oficiales, se diseñó la entrevista técnica, se indagó sobre posibles actores y se delimitó el lugar donde se realizó la visita de campo con el objetivo de analizar de manera profunda los actores que intervienen en la problemática, obteniendo los insumos: Indicadores, entrevistas a productores, entrevistas a especialista y autoridad.

Agrocalidad Manabí ha registrado hasta 2021, 142 sitios de producción de pitahaya, que representan 664,5 hectáreas, siendo el catón Rocafuerte la de mayor densidad de registros de sitios y hectáreas en la provincia.

En la visita de campo se mapearon actores primarios, secundarios y terciarios, a los dos primeros se les aplicó la entrevista técnica mientras que los terciarios fueron excluidos de la presente investigación por ser quienes ponen las condiciones de comercialización de la fruta.

En este contexto de la entrevista técnica, los productores se encuentran preocupados, debido a que el proceso de monitoreo de la mosca de la fruta está paralizado, sin ello, dicen no cumpliremos con uno de los requisitos para exportar la fruta y por consiguiente no seríamos competitivos e inclusive si existiese un mercado abierto tendríamos novedades y podrían revocar el ingreso de pitahaya.

Por otro lado, el director Distrital de Agrocalidad-Manabí, Ing. Robert García Ayón, expresa que la implementación del Proyecto Nacional de Mosca de la fruta ha tenido un alto impacto en materia social y económica, puesto que los productores de pitahaya han mejorado su calidad de vida y se ha dinamizado la economía del sector desde la apertura del mercado con Estados Unidos. Además, ha existido un mayor interés de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales por incrementar el fomento productivo de este cultivo.

Finalmente, para la especialista en este ámbito considera que un alto porcentaje de productores (90%), realizan un eficiente monitoreo y control de plagas, ya que han concientizado la importancia de éste, pero el restante no cumple las normativas, al desconocer las reglas del mercado.

Conclusiones

En este trabajo se analizó la sostenibilidad social en el monitoreo y control de la producción de la “pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí, en el período 2018 – 2021, usando la metodología Design Thinking, para la propuesta de lineamientos de políticas públicas. Se evidenció un profundo interés por el fortalecimiento de políticas para el manejo de la plaga con el fin garantizar las exportaciones de la fruta fresca tropical en la zona. Para los productores es de suma importancia puesto que esta fruta exótica cambió la condición de vida socioeconómica de manera positiva. Por otro lado, el uso de las diferentes fases de la metodología fue fundamental ya que permitió establecer una sinergia con los objetivos específicos y estructurar de manera coherente la presente investigación.

- De acuerdo con el primer objetivo planteado en el presente caso de investigación se exploró y se encontró que en Manabí existen 700 hectáreas registradas de las cuales la mayor cantidad están ubicadas en el cantón Rocafuerte, mediante el mapeo se encontró que Agrocalidad asiste técnicamente a pequeños, medianos y grandes productores, quienes mediante entrevista a conveniencia expresaron las problemáticas y sus posibles soluciones.
- En el segundo objetivo diagnóstico la situación actual del monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta mediante los indicadores del PNMF, entrevistas actores, revisión de buenas prácticas agrícolas de otros países y entrevista a experto, logrando definir la problemática y la necesidad de política pública. además, se idearon y priorizaron alternativas de solución. El diagnóstico concluyó que la problemática responde a la vulneración de derechos de carácter estructural, ratificando así la necesidad de formular política pública para la continuidad del monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta y que las alternativas de solución se enmarcaron en el ámbito de la gobernanza (44%), buenas prácticas agrícolas (33%) y participación de productores (22%).
- Finalmente, en el objetivo tres se prototiparon lineamientos de políticas pública enfocada en la sostenibilidad social del monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta en la pitahaya guiados por la metodología de formulación de políticas públicas vigentes en el país, obteniendo los siguientes objetivos estratégicos: Concientizar la normativa de Buenas Prácticas Agrícolas, Fortalecer monitoreo en plantaciones de pitahaya y Establecer mecanismos de control en predios registrados y fruta certificada alcanzando el fortalecimiento de la institucionalidad y un bajo nivel de presencia de plaga, declarando a Ecuador libre de plaga mosca de la fruta para mejorar la calidad de vida de los actores involucrados. Además, mediante una autoevaluación metodológica interna se obtuvo un total acuerdo en el diseño y formulación de políticas públicas.

Referencias

Agrocalidad. (9 de Febrero de 2019). <https://www.agrocalidad.gob.ec/>. (Agrocalidad > Noticias) Recuperado el 7 de Febrero de 2022, de <https://www.agrocalidad.gob.ec/primer-envio-de-pitahaya-a-eeuu/>

- Agrocalidad. (20 de Agosto de 2020). <https://www.agrocalidad.gob.ec>. Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/resolucio%cc%81n-0054-manual-de-procedimientos-para-el-establecimiento-declaratoria-y-mantenimiento-de-a%cc%81reas-libres.pdf>
- Agrocalidad. (31 de Diciembre de 2021). <https://www.agrocalidad.gob.ec/>. Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de <https://www.agrocalidad.gob.ec/exportaciones-de-pitahaya-crecieron-casi-60-en-2021/>: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PitahayaEC.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (20 de Junio de 2020). <https://contenido.bce.fin.ec/>. (Banco Central del Ecuador) Recuperado el 14 de Enero de 2022, de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/boletin352020.pdf>
- CEPAL. (11 de Diciembre de 2011). Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura: Nuevas direcciones en el diseño de políticas en América Latina y el Caribe. (O. Sotomayor, A. Rodríguez, & M. Rodrigues, Edits.) *Libros de la Cepal*(113), 253. Recuperado el 20 de Diciembre de 2022, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2595/1/S1100593_es.pdf
- Gómez, H. (2012). *Las moscas de la fruta* (Vol. XL). Bogotá DC, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Recuperado el 18 de Febrero de 2022, de https://books.google.com.ec/books?id=1JbGD-wAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipos+de+moscas+de+las+frutas&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Gómez, H., Aluja Schuneman, M., & Breceda, F. (20 de Abril de 2005). <https://www.ica.gov.co/>. (G. T. Tecnología., Editor, L. D. Ltda., Productor, & Publicación del Instituto Colombiano Agropecuario ICA.) Recuperado el 7 de Febrero de 2022, de <https://www.ica.gov.co/getattachment/f2cd7a85-e934-418a-b294-ef04f1bbacb0/Publicacion-4.aspx>
- INIAP. (20 de Junio de 2020). <https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/>. (Y. Vargas, J. Pico, A. Díaz, D. Sotomayor, A. Burbano, C. Caicedo, . . . W. Viera, Edits.) Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de <https://www.secretariadelamazonia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/Manual-de-cultivo-de-Pitahaya-para-la-Amazonia%CC%81a-Instituto-Nacional-de-Investigaciones-Agropecuarias.pdf>

- Llerena Zambrano, Á. (2 de Diciembre de 2020). Agricultura digital en cultivo de Pitahaya. *LAJC Latin-American Journal Of Computing*, VII(2), 32. doi:10.5281/Zenodo.5744818
- Rizo Casado, E. (2021). *Más que diseño de experiencia (UX): Life-centered design para productos y servicios*. (J. M. Ponzoa Casado, Ed.) Madrid, España: ESIC Editorial. Recuperado el 25 de Enero de 2022, de [https://books.google.com.ec/books?id=my5CEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=M%C3%A1s+que+dise%C3%B1o+de+experiencia+\(UX\):+Life-centered+design+para+productos&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=my5CEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=M%C3%A1s+que+dise%C3%B1o+de+experiencia+(UX):+Life-centered+design+para+productos&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Téllez Gaitán, J. (30 de Abril de 2016). <https://www.una.edu.ni/>. Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de <https://repositorio.una.edu.ni/3416/1/tnf01t275a.pdf>
- Villaseca Morales, D., & González Pérez, S. (2021). *De Silicon Valley a tu negocio: Innovación, data e inteligencia artificial*. (G. Domínguez, Ed.) Septiembre, Madrid, España: ESIC Editorial. Recuperado el 20 de Enero de 2022, de https://books.google.com.ec/books?id=7MVAEAAAQBAJ&pg=PA85&dq=empatizar,definir&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj3zYH-5s_1AhWAQjABHeVXBCQQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=empatizar%2Cdefinir&f=false

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

4

Captura y Geolocaliza: una aplicación móvil para la recolección de datos multimedia.

Mariuxi Tejada Castro

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
mariuxi.tejadac@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2814-2479>

Sandra Zapata Vega

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
sandra.zapatav@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8795-9924>

Enrique Martínez García

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
enrique.martinezg@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9580-0064>



Resumen

La aplicación móvil para la captura y geolocalización de datos multimedia es una herramienta valiosa para la investigación de campo, por medio de la recolección de datos de alta calidad de manera eficiente y efectiva. El objetivo de esta investigación es optimizar la recolección de datos y mejorar la confiabilidad de estos por medio de una aplicación móvil en el área de la inclusión social, liderado por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) en Ecuador, entidad encargada de realizar abordajes a niños en la calle en situación de vulnerabilidad y riesgo, con el fin de levantar información y proporcionar servicios de inclusión social para reducir las brechas existentes. Este estudio fue realizado con la ayuda de la metodología descriptiva para el proceso investigativo mientras que para el desarrollo de software se utilizó la Metodología XP, empleando el Lenguaje de programación PHP y la base de datos MySQL.

Palabras clave: Geolocalización, Datos Multimedia, Metodología XP, Aplicación Móvil, Aplicación Web.

Abstract

The mobile application for the capture and geolocation of multimedia data is a valuable tool for field research, through the collection of high-quality data efficiently and effectively. The objective of this research is to optimize data collection and improve their reliability through a mobile application in the social inclusion area, led by the Ministry of Economic and Social Inclusion (MIES) in Ecuador, the entity in charge of carrying out approaches to street children in situations of vulnerability and risk, to gather information and provide social inclusion services to reduce existing gaps. This study was carried out with the help of the Descriptive Methodology for the investigative process while for the software development the XP Methodology was used, using the PHP Programming Language and the MySQL Database.

Keywords: Geolocation, Multimedia Data, XP Methodology, Mobile Application, Web Application.

Introducción

El avance tecnológico en los dispositivos móviles ha permitido la incorporación de diversas herramientas para la recolección de datos en investigaciones científicas. La posibilidad de obtener datos multimedia, como fotografías y grabaciones de audio, y geolocalizarlos con precisión, ha permitido la mejora en la calidad de la información obtenida y en la eficiencia de los procesos de recolección de datos en campo.

Según los informes de Statista (2019), se estima que “el número de usuarios de teléfonos móviles en todo el mundo supera los 5.000 millones, lo que representa una oportunidad valiosa para la investigación” (p. 1). Además, Según datos informativos de la International Data Corporation (IDC) (2020), se ha observado un aumento significativo en el uso de dispositivos móviles para la investigación de campo en los últimos años, y se espera que esta tendencia continúe en el futuro cercano.

Con la llegada de las tecnologías de geolocalización y multimedia en dispositivos móviles se ha logrado la creación de aplicaciones que facilitan la recolección de datos en campo. Estas aplicaciones ofrecen diversas funcionalidades, como la posibilidad de tomar fotografías y grabaciones de audio con marcas de tiempo y geolocalización, permitiendo una gestión y organización eficiente de los datos.

Gros Salvat & Forés Miravalles (2013, como se citó por Fuente, Chacón, Sandoval, Pedraza, & Flórez, 2021) afirman que la geolocalización permite relacionar contenidos digitales (imágenes, vídeos, audios, etc.) a una ubicación geográfica física al ser activada a través de un dispositivo móvil. Gracias al acceso a datos geolocalizados una gran gama de posibilidades es obtenida. Adicionalmente, se logran realizar mapas, combinar datos, entre otros (Smith *et al.*, 2021).

En base a este contexto, se ha desarrollado una aplicación móvil para la recolección de datos multimedia que permite la captura de fotografías y grabaciones de audio, así como la geolocalización de estos datos con precisión, representando una herramienta valiosa para la investigación de campo, ya que permite la recolección de datos de alta calidad de manera eficiente y efectiva.

El objetivo de este artículo científico por lo tanto es presentar una aplicación móvil para la captura y geolocalización de datos multimedia en campo, con el fin de optimizar la recolección de datos y mejorar la confiabilidad de estos.

Esta aplicación es dirigida a los colaboradores del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), quienes entre sus actividades realizan abordajes a niños en la calle bajo situación de vulnerabilidad y riesgo logren realizar el levantamiento de información, aplicando técnicas de recolección de datos con la ayuda la aplicación móvil y web facilitando esta actividad en las calles, y llevando toda la información en una base de datos con información actualizada que integra diferentes modalidades de captura de información en una solo espacio.

Esto se logró por medio de un convenio con el MIES y la Universidad de Guayaquil-Ecuador quien está comprometida con que sus estudiantes contribuyan con los conocimientos adquiridos a proveer servicios de inclusión social con énfasis en los grupos de atención prioritaria y la población que se encuentra en pobreza o vulnerabilidad, para reducir las brechas existentes, por medio de una aplicación móvil para la recolección de datos multimedia.

Por su parte la labor del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) es el de instituir y poner en ejecución políticas, regulaciones, programas y servicios para la inclusión social y atención al ciclo de vida de niños, niñas, adolescentes, jóvenes, adultos mayores, personas con discapacidad y aquellos en situación de pobreza, con el propósito de aportar a su movilidad social y salida de la pobreza. La visión propuesta de esta institución es el de ser la entidad pública líder en la inclusión social para los grupos de atención prioritaria y aquellos que se encuentran en situación de pobreza para aportar a su movilidad social (Muñoz-Espinoza & Saltos-Catagua, 2022).

Para Cevallos Tejada, y otros (2020) explican en el ensayo: “Un balance crítico sobre los 30 años de la Convención por los Derechos del Niño”; que La interrelación de tales problemáticas adquiere múltiples combinaciones y trae como resultado que en caso de los niños muchos de ellos se encuentran en estado de vulnerabilidad al estar fuera del cuidado de sus familias o al separarse de ellas. En casos más extremos, este derecho ya les ha sido directamente vulnerado.

El MIES por lo tanto ha centrado sus esfuerzos y trabajo constante en favor de la protección y garantía de los derechos de niñas, niños y adolescentes, ejecutando planes de acción con el propósito de velar tanto por la seguridad de los infantes, pero también de proveerles una instrucción formativa para mejorar y fortalecer su movilidad social y salida de la pobreza (Universidad de Guayaquil, 2021).

En relación con la funcionalidad de la aplicación móvil para la recolección de datos multimedia, es importante considerar que este tipo de sistemas son de gran apoyo ya que no solo han aportado en gran manera a la obtención de datos de manera eficaz y rápida si no que facilitan la captura, recopilación de estos datos contribuyendo al cuidado del ecosistema logrando evitar el uso de papel y lápiz, por medio de imágenes y videos.

Para Di Claudio, Mozzon Corporaal, Lliteras, & Grigera (2020) Los datos multimedia son aquellos que contienen diferentes tipos de medios, como imágenes, audio, video y texto. Estos datos se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo la creación de contenido en línea, el entretenimiento y la educación.

Entre los beneficios de los medios de comunicación se mencionan que pueden lograr que la información registrada sea más fácil de entender y más atractiva para el usuario. Por ejemplo, un gráfico o una imagen puede ayudar a visualizar un concepto o estadística de una manera que un texto plano no podría hacerlo. Por otro lado, los datos multimedia favorecen el aprendizaje y la retención de información, ya que las personas suelen recordar mejor la información que se presenta en forma de imágenes o videos en comparación con solo texto (García, 2021).

En conclusión, la incorporación de tecnologías móviles para la recolección de datos multimedia y la geolocalización ha abierto nuevas posibilidades en la investigación científica. La aplicación móvil presentada en este artículo representa un avance significativo en la recolección de datos en campo y ofrece una solución innovadora para mejorar la calidad y eficiencia en el trabajo de campo logrando ahorrar tiempo y recursos, permitiendo el ingreso de datos e información relevante en tiempo real.

Materiales y métodos

En este proyecto se empleó el tipo de investigación descriptiva, ya que esta permite determinar la problemática, al obtener información fundamental que requiere ser evaluada e interpretada, como es el caso de los miembros del Mies quienes necesitan recolectar datos informativos de los niños en la calle bajo situación de vulnerabilidad.

Torres, Salazar, & Paz (2019) argumentan el requerimiento de diferenciar los tipos de recursos y las herramientas informáticas más usados para la recolección de datos requeridos metódicamente. Por lo que existen variadas elec-

ciones, y los investigadores son quienes deciden cuales deben ser aplicadas para lograr el objetivo planteado.

Para el desarrollo de esta herramienta se trabajó con la metodología XP (Extreme Programming) desde un enfoque de desarrollo de software ágil con la cual se busca mejorar la calidad del software y la satisfacción del usuario a través de prácticas de desarrollo colaborativo y pruebas continuas. Según Shrivastava, Jaggi, Katoch, Gupta, & Gupta (2021), XP se enfoca en la entrega continua de software funcional y en la retroalimentación temprana del cliente para adaptarse rápidamente a los cambios y reducir el riesgo de fracaso del proyecto.

El equipo que trabajó en colaboración con los usuarios finales estaba conformado por estudiantes y docentes guías como parte de un proyecto de vinculación con la sociedad, quienes mantuvieron reuniones eventuales para revisar y aprobar los avances del proyecto aplicando un proceso iterativo y basado en retroalimentación para identificar y priorizar las funcionalidades más importantes en el desarrollo y entrega del software, por lo que se dividió el desarrollo en las fases que recomienda la metodología para obtener resultados favorables. Según recomienda Rodríguez y Guillermo (2017). El desarrollo del software se trabajó en base a las fases que recomienda la metodología XP como se detalla a continuación durante el proceso iterativo de desarrollo:

Figura 9.

Fases de desarrollo de la metodología XP aplicadas en el proyecto.



Arquitectura del sistema de geolocalización

En esta sección se describe la arquitectura del proyecto de geolocalización conformado por una aplicación web y mobile desarrollado en el lenguaje de programación PHP, con base de datos MySQL y almacenamiento en la nube alojado en un servidor web se compone de diferentes capas que trabajan en conjunto para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

En la capa de presentación del sistema, se encuentra el front end de la aplicación mobile, el cual permite al usuario capturar datos multimedia y de geolocalización a través de diferentes tecnologías como GPS, cámara y micrófono. Mientras que en el front end de la aplicación web, se pueden generar reportes y administrar la información recibida desde la aplicación mobile.

La capa de negocio del sistema se encarga de procesar la información capturada en la capa de presentación y manejar la lógica de negocio del sistema. En esta capa, se realizan operaciones de validación de datos, cálculos matemáticos y generación de reportes.

La capa de datos del sistema se compone de una base de datos MySQL alojada en un servidor web en la nube, la cual almacena la información capturada en la capa de presentación y procesada en la capa de negocio. La información almacenada en la base de datos puede ser consultada y administrada desde la aplicación web.

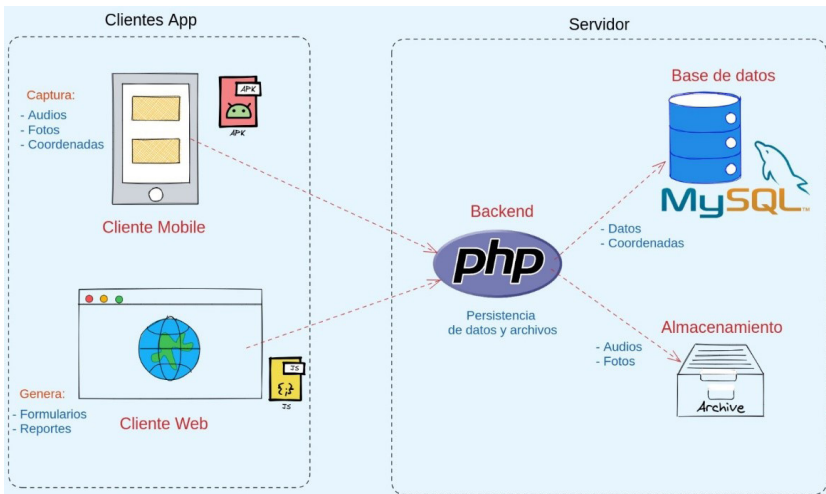
Pamungkas (2018), especifica que MySQL (lenguaje de consulta estructurado) es un lenguaje que accede el uso de datos y las entidades de la base de datos. SQL además es un lenguaje estándar aplicado en varias bases de datos conocidas, debido a su fácil manejo incluido el traspaso de información de una base de datos a otra.

Valarezo Pardo *et al.*, (2018), por su parte establece que PHP es definido como un lenguaje apropiado para desarrollar plataformas Web de manera eficaz, adicionalmente cuenta con lenguaje incrustado en HTML que se intercala con el código PHP en un archivo equivalente a un determinado servidor, logrando obtener un software con una interfaz más amigable.

Para asegurar la integridad y seguridad de la información capturada y almacenada en el sistema, se implementan diferentes medidas de seguridad en todas las capas de la arquitectura. En resumen, la arquitectura este proyecto de geolocalización con aplicación web y mobile alojado en un servidor web se compone de diferentes capas que trabajan en conjunto para asegurar el correcto funcionamiento del sistema y la integridad de la información capturada y almacenada.

Figura 10.

Arquitectura del proyecto de Geolocalización.



Resultados y Discusión

La aplicación móvil como herramienta para la recolección de datos en investigación de campo ha sido objeto de estudio en diferentes áreas. En el ámbito de la salud, un estudio realizado por Velandia Bernal, Lozano Rodríguez, & Baquero Mujica (2021) demostró que la aplicación móvil puede mejorar la eficiencia y calidad de la recolección de datos en ensayos clínicos.

En el campo de la ecología, la aplicación móvil ha demostrado ser una herramienta útil para la monitorización de especies (Angarita, Duque, & Prieto, 2020). En el ámbito de la inclusión social, un estudio realizado por Martínez, Palma, & Velásquez (2020) demostró que la aplicación móvil puede mejorar la calidad de la recolección de datos en estudios sobre la pobreza.

Conclusión

En conclusión, el desarrollo de la aplicación móvil Captura y Geolocaliza ha demostrado ser una herramienta invaluable para la recolección de datos multimedia en el campo de la inclusión social.

Este software ha permitido optimizar la recolección de datos en las calles de la ciudad y mejorar la confiabilidad de los mismos, lo que ha contribuido a la reducción de problemas existentes en la atención a niños en situación de vulnerabilidad y riesgo en Ecuador.

El uso de la metodología XP en el desarrollo de software permitió que el proceso se agilice y logre ser colaborativo, permitiendo así que la entrega del producto se defina de alta calidad y eficiencia.

La aplicación ha demostrado ser fácil de usar, ha ahorrado tiempo y recursos en la recolección de datos, lo que la convierte en una herramienta valiosa para futuras investigaciones en este ámbito.

En resumen, la aplicación Captura y Geolocaliza ha cumplido con éxito su objetivo de proporcionar una solución innovadora para la recolección de datos multimedia en el campo de la inclusión social.

Referencias

- Angarita, L. B., Duque, F., & Prieto, E. (2020). Aplicaciones Web y Móviles Orientadas al Turismo de Naturaleza: Una Revisión Sistemática de la Literatura. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 42-55.
- Cevallos Tejada, F., Sánchez Cobo, F., Legarda, V., Storini, C., Barahona, A., Delgado Ribadeneira, E., Oviedo Fierro, S. (2020). *Un balance crítico sobre los 30 años*. Quito: Consejo Nacional para la Igualdad Intergeneracional. Obtenido de https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/Ensayos_Un-balance_critico_30-anos_CDN.pdf
- Di Claudio, F., Mozzon Corporaal, F., Lliteras, A., & Grigera, J. (2020). Adaptación de una aplicación móvil de recolección de datos para Ciencia Ciudadana: mejorando la experiencia de usuario. *In VII Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS 2020)-JAIIO 49 (Modalidad virtual)*.
- Fuente, A. S., Chacón, G., Sandoval, M., Pedraza, A., & Flórez, A. (2021). Aplicación Móvil Para El Apoyo En La Ubicación E Información Mediante El Uso De Realidad Aumentada Y Geolocalización. *Ingeniería e Innovación*.
- García, Y. (2021). Recursos Multimedia: Una Experiencia para el Estudio de las Ciencias Naturales en Educación Básica Primaria. Sinopsis Educativa. *Revista venezolana de investigación*, 21(1), 289-299.
- Martínez, R., Palma, A., & Velásquez, A. (2020). *Revolución tecnológica e inclusión social: reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la política social en América Latina. Serie Políticas Sociales 233*. Santiago: Publicación de las Naciones Unidas.
- Muñoz-Espinoza, Y. N., & Saltos-Catagua, L. (2022). Procesos de gestión documental y organización de archivos desde las nuevas tendencias tecnológicas: caso Ministerio de Inclusión Económica y Social MIES. *Polo del Conocimiento*, 7(6), 2114-2131. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i6.4184>
- Pamungkas, R. (2018). Optimalisasi query dalam basis data my sql menggunakan index. *Res. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag*, 1(1), 27.
- Shrivastava, A., Jaggi, I., Katoch, N., Gupta, D., & Gupta, S. (2021). A systematic review on extreme programming. *In Journal of Physics: Conference Series*.

- Statista. (2019). Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.statista.com/statistics/666643/forecast-of-worldwide-online-travel-sales%20volume>
- Torres, M., Salazar, F., & Paz, K. (2019). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Universidad de Guayaquil. (2021). *Consejo Consultivo de FAP. Formación Académica y Profesional*.
- Valarezo Pardo, M. R., Tapia, J., Moreno, A., & Sánchez, L. (2018). Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(3), 28-49.
- Velandia Bernal, Z. T., Lozano Rodríguez, M., & Baquero Mujica, G. (2021). *Aplicaciones móviles en salud, una revisión sistemática cualitativa*. Bogotá: Universidad de La Salle.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

5

Modelo de simulación para el empaquetado en la
industria bananera.

Omar Darío Coloma Hurel

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
omar.colmah@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6817-6972>

Fausto Arturo Benítez Troya

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
fausto.benitez@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4464-0176>

Galo David Medina Chérrez

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
galo.medinach@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-0341-9733>



Resumen

El presente artículo tiene por objeto elaborar un modelo de simulación de eventos discretos que busca mejorar el proceso de empaquetado de las líneas de producción de la industria bananera a través de su medición, mapeo de procesos y el desarrollo de un modelo virtual usando Flexsim, actualmente existen varios problemas en la industria como el incumplimiento en el cupo de cajas de exportación lo cual genera multas que se cargan en los costos de exportación del banano, se generan pérdidas por no aprovechar el espacio de los contenedores de los cuales se paga el precio completo del transporte, .Se cronometraron los tiempos para cada actividad del proceso, cuyos datos fueron procesados para obtener distribuciones de probabilidad que asemejen el comportamiento del modelo al sistema real, se creó el modelo usando el software Flexsim, y mediante una validación se constató que el sistema modelado se asemeja al sistema real. Se probaron distintos escenarios enfocados a la disminución de cuellos de botella y aumento de la cantidad de cajas producidas, finalmente, con la propuesta de mejora, se obtuvo un incremento en el rendimiento de la línea de empaquetado.

Palabras Claves: Flexsim, Simulación, Banano, Empacado.

Abstract

The purpose of this article is to develop a simulation model of discrete events that seek to improve the packaging process of the production lines of the banana industry through its measurement , process mapping and model development using Flexsim, nowadays there are problems such as non-compliance with the quota of boxes and this generates fines that are charged in the export of bananas, losses are generated for not taking advantage of the space of the containers for which the full price of transport is paid, the times for each activity of the process, whose data was processed to obtain probability distributions that resemble the behavior of the model to the real system, the model was created using the Flexsim software, and through validation, it was verified that the modeled system resembles the system real. Different scenarios focused on reducing bottlenecks and increasing the number of boxes produced were tested. Finally, with the improvement proposal, the performance of the packaging line was increased.

Keywords: Flexsim, Simulation, Banana, Packaging.

Introducción

En las últimas décadas la agroindustria y en especial el sector de la materia prima, han realizado investigaciones y desarrollo para asegurar la prominencia y competitividad en sus sectores (Iannoni & Morabito, 2006). Sin embargo, en Ecuador siendo uno de los más importantes exportadores de banano en el mundo y con más de 40 años de experiencia en el rubro es posible encontrar haciendas que generan pilas de rechazo de este producto por embarque que representan cajas del producto, esto muestra la poca atención en la mejora de los procesos y aquí juega un papel importante la simulación para su mejora.

Una parte importante de la economía se mueve en torno a la exportación de bananas y todo lo que este proceso conlleva, desde su siembra, hasta su exportación, pasando por los controles de calidad de la fruta hecho por ingenieros agrónomos, el personal de cuadrillas, administrativo, y un sinnúmero de personas que hacen que el proceso funcione de manera estable.

Con respecto a la definición del término simulación y lo que este concepto engloba, según Banks (2005), la simulación es la imitación de las operaciones del mundo real, de un proceso o sistema a lo largo del tiempo. Entonces, una simulación no es más que replicar un sistema real a fin de analizarlo, comprender su funcionamiento y su comportamiento aplicando diferentes cambios y podemos definir el sistema como el espacio de nuestro objeto de estudio, es decir, en donde se desarrolla la actividad específica que se está observando. Para esto un evento se comprende como un instante del tiempo (Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas, 2018), en el que el sistema ha variado su estado de un valor a otro, es decir, las variables han sido alteradas debido a un suceso ocurrido dentro del sistema y al decir que los valores de las variables solo reflejan cambios en torno a número enteros, puede ser número de camisetas producidas, cocinas reparadas o personas que entran a un mall y en este caso cajas de bananos producidas, a esto se conoce como eventos discretos.

La simulación de procesos tiene un historial de más de treinta años y desde ese entonces se comentaba su uso como una herramienta para la toma de decisiones en la industria, aunque tenía sus limitantes, pero con el paso del tiempo aparecieron softwares junto con las mejoras de las computadoras se iban implementando nuevas herramientas con el fin de representar un modelo de manera más fiable. La industria ha usado diferentes modelos de simulación para mejorar su eficiencia en sus procesos y operaciones y el software Flex-

Sim con su llegada en el año 2003 ha podido dirigir la simulación de eventos discretos en el área logística, de manufactura, calidad, entre otros. A pesar del uso de la simulación en el área industrial, en el sector agrícola no se ha usado de la misma manera y está rezagada en el Ecuador.

La simulación de eventos discretos permite el análisis de los problemas presentados en el sistema a fin de proporcionar información que permita llegar a una solución, incurriendo en costos mucho más bajos de lo que supondría poner a prueba las propuestas de mejora en la realidad en cuanto a factores de tiempo invertido, esfuerzo del personal, y capital de inversión, indicaba, González, Chaparro, & Ramírez (2018) y permite tomar en cuenta el número de empleados, modos de transporte, almacenamiento, capacidades, tiempo muerto causado por mantenimiento de máquinas, y muchos otros factores y esto contribuye a la eficiencia del proceso entero, logrando una eficiencia económica óptima y/o la reducción del tiempo total de trabajo (Kęsek, Adamczyk, & Kłás, 2019). Hay procesos que por su naturaleza obligan a usar modelos con moderado nivel estadístico y programación para llegar a una respuesta válida, esto puede ocasionar curvas de aprendizaje más lentas y la incurrancia en errores debido al mal tratamiento de los datos, debido a que el entorno 3D orientado a objetos facilita mucho la comprensión del escenario (Aurea Maquilon & Andino Becerra, 2022).

El proceso de simulación se basa en el método científico expresan, Ocampo & Pavón (2012) y los respaldan mediante el desarrollo de su modelo, el cual consta de una serie de pasos, Bravo Báez, Ortiz Flores, Ortiz López, Hernández Mortera, & Arrijoja Rodríguez (2019) y que se asemejan a los propuestos por el Dr. Averill Law (2009) mostrados en la figura 1, y sobre cuyas bases se sustentará la etapa metodológica de diseño en el presente trabajo y Flexsim permite llevar a cabo simulaciones en un campo virtual, desde producción hasta logística, manipulación de materiales, planificación de almacenes, servicio al cliente y más, con acceso a la librería que contiene un gran número de objetos. El programa permite la simulación y visualización de procesos en 3D, lo cual facilita enormemente el entendimiento e interpretación del modelo construido, acorde a (Kęsek, Adamczyk, & Kłás, 2019). Flexsim es amigable con el usuario, adicionalmente, la librería disponible puede ser extendida con nuevos objetos con la finalidad de representar lo mejor que se pueda el sistema modelado. Flexsim permite crear modelos que son libremente expandibles, y significa que el espacio es ilimitado y depende de la potencia del computador usado.

La variedad de objetos que Flexsim pone a disposición de los usuarios al momento de diseñar un modelo es muy amplia, y es aconsejable entender las tres categorías más relevantes (Mayoral Hernández & Ortiz Flores, 2021): Los Items de flujo (flow items) se refiere a los objetos que fluctuarán a lo largo del proceso, desde inicio a fin, puede tener diferentes aplicaciones para interpretar, por ejemplo, personas entrando a un establecimiento, cantidad de autos lavados, cantidad de clientes, materia prima que se traslada desde una bodega hacia otra, etc. Los recursos fijos (fixed resources) son los recursos que interactúan con los ítems de flujo y permanecen estacionarios en el modelo, estos pueden interpretarse como maquinaria, área de bodega, entre otros. Ejecutor de tareas (task executers) son objetos que interactúan con los ítems de flujo y los recursos fijos, se pueden mover dentro del entorno del modelo para cumplir tareas específicas, tal como llevar un objeto de un área a otra, cargar o descargar elementos, operación de maquinarias, y todo por supuesto con la posibilidad de cambiar distintas variables de los ejecutores de tareas, como puede ser la velocidad, capacidad de carga, ruta a seguir, incluso establecer criterios de decisión.

El modelo de simulación ayudará a mejorar el proceso de empaquetado y elevará el índice de cumplimiento, mejorará los tiempos de procesamiento, se identificarán las actividades que no aportan valor agregado al proceso, se mostrará si es adecuado la cantidad de personal con que se labora, por ende, habrá una perspectiva de mejora del producto generado por hectárea y a partir de la simulación se podrán tomar decisiones para la mejora de la producción versus la situación actual y el objetivo de la simulación se encuentra orientado a la economización de recursos por el hecho de que no se requiere de una gran inversión para ejecutarla, además, mediante la evaluación de las propuestas antes de su implementación se minimiza el riesgo de cometer errores en el sistema real según, González, Chaparro, & Ramírez (2018). Debe existir un justificativo para implementar una decisión, medida, aplicación a partir de la simulación desarrollada ya que se necesita ser crítico con las necesidades del proyecto, es decir la herramienta busca economizar el tiempo el esfuerzo y el dinero que le otorga validez para su utilización y poder solventar la necesidad requerida.

En la presente investigación se aplicó simulación en el entorno industrial pero no será considerada como una limitante es decir la simulación no será solo en el área productiva, sino que estará abierta a otras posibilidades como el área de servicios en donde la simulación se ha adaptado para manejar información de manera más efectiva como en hoteles, banco, supermercados

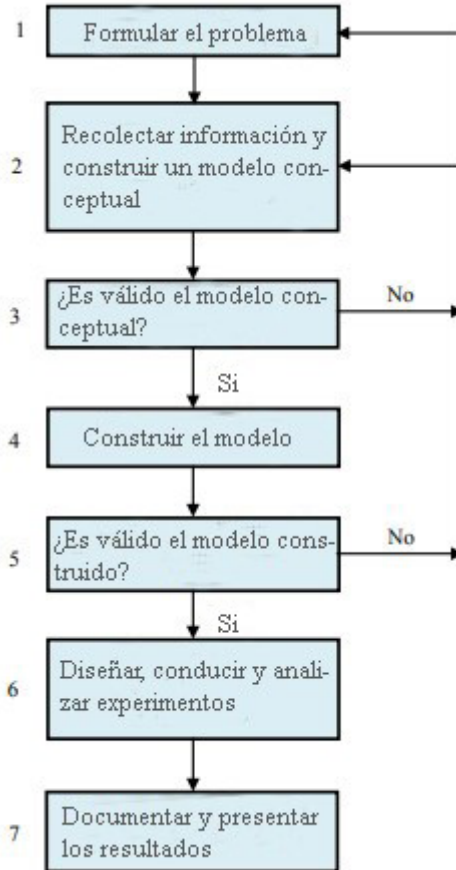
inclusive el sector de la salud (Aurea Maquilon & Andino Becerra, 2022). En cuanto a los campos profesionales que utilizan esta herramienta, podemos percatarnos que “las áreas de aplicación de la simulación son numerosas y diversas; es usual encontrar aplicaciones en ingeniería, economía, manufactura, administración, ciencias sociales.” (Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas, 2018). Y como lo expresan Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas (2018) “La simulación también puede ser utilizada para estudiar sistemas en su etapa de diseño (antes de que dichos sistemas sean construidos)”.

Materiales y métodos

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2010) una investigación puede ser llevada a cabo mediante métodos experimentales y no experimentales, esta es una investigación de tipo experimental, puesto que si bien dentro del proceso real ninguna variable será manipulada, este no es el caso para el modelo simulado, el punto de partida para el estudio yace en el método descriptivo – cuantitativo, en donde se considera el análisis de índices históricos de producción y exportación de banano para brindar un acercamiento más exacto al estado actual, se añade información de otras variables de carácter cuantitativo que tienen un impacto significativo en el sistema, tal como las medidas de la celda de producción y datos correspondientes al tiempo de los procesos que intervienen. De forma resumida se siguieron los siguientes pasos:

Figura 11.

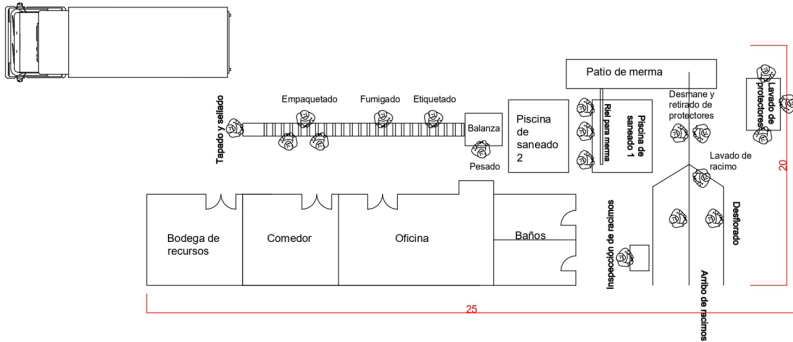
Pasos para el proceso de simulación.



Para condensar toda la información recopilada, se usó de diversas herramientas ligadas a la estadística y aseguramiento de la calidad, tales como el uso de distribuciones de probabilidad, que acorde a Sobalbarro Figueroa & Franco Franco (2018), se empleó para estimar el tiempo entre dos eventos o sucesos, lo cual resulta bastante práctico si de un sistema con múltiples entradas y/o salidas se trata. Ligado a esto, se consideró el uso de pruebas de bondad de ajuste para evaluar la correlación entre nuestra distribución de probabilidad propuesta y los datos recopilados. Se utilizaron softwares que faciliten este propósito, tales como Excel, y/o StatFit de Promodel.

Figura 12.

Gráfico de la bananera y sus diferentes áreas.



Mediante los pasos para elaborar una simulación, se procedió al modelado del sistema y a la experimentación, comparación de resultados, y finalmente, a la emisión de conclusiones. La vía para llevar a cabo el levantamiento de información fue mediante la observación directa del proceso productivo de empaquetado a medida que se realiza y para recabar información útil que no sea fácilmente extraíble mediante la observación directa, fue solicitada a otros colaboradores de las distintas áreas que impactan en el rendimiento del proceso, entiéndase como el personal de la cuadrilla y/o el cuerpo de ingenieros agrónomos. En la presente investigación se establecieron las métricas de rendimiento que se usaron para medir la eficiencia, de las distintas configuraciones del modelo, configuraciones que también se discutieron previamente, así como su alcance. Se conoció de manera detallada cómo funciona el sistema real para poder replicarlo y esto implicó recolectar información tal como la estructura y los procedimientos operativos del sistema para familiarizarse con el proceso y se obtuvo información que especificaba los parámetros del modelo y las distribuciones de probabilidad de entrada de dichos parámetros y al ya existir un sistema, se recolectó información sobre su rendimiento, información que fue de utilidad para testear la eficacia de las propuestas analizadas. La recolección de información nos permitió definir el detalle del modelo, el cual se basa en 3 pilares fundamentales, los objetivos del proyecto, medidas de rendimiento de interés, y la disponibilidad de los datos.

Figura 13.

Distribuciones de probabilidad sugeridas para el proceso de desflorado.

autofit of distributions			
distribution	rank	acceptance	aicc prob
Lognormal[12, 2.93, 0.855]	100	do not reject	0.196
Exponential[12, 25.6]	26.1	reject	0.00981
Uniform[12, 74.5]	0.172	reject	1
Pareto[12, 0.974]	0.00249	reject	0

Se tomaron tiempos de proceso de las actividades y a través de pruebas de bondad de ajuste se determinó cual era la distribución de probabilidad que mejor ajustaba al proceso y eso se convirtió en información de entrada para el modelo de Flexsim, a continuación, se muestra la actividad del desflorado.

Figura 14.

Gráfico de densidad de los datos de desflorado.

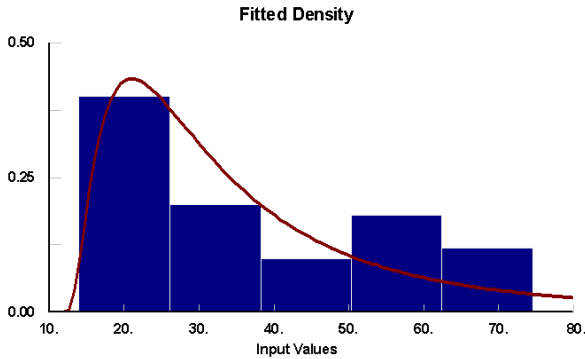
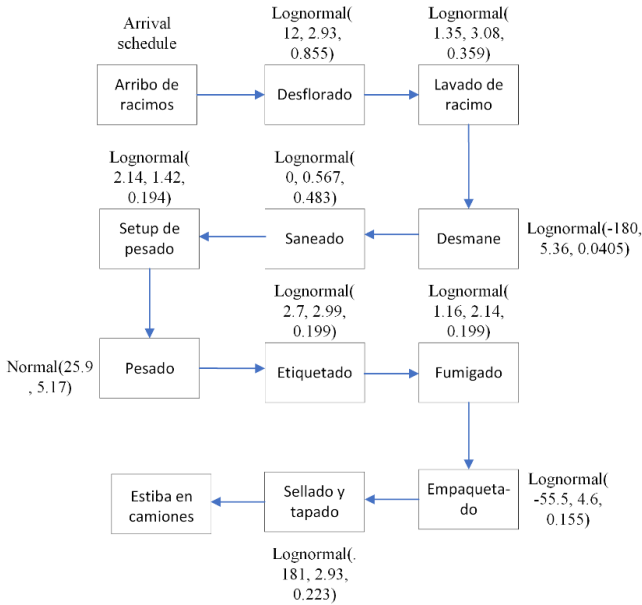


Figura 15.

Modelo conceptual del proceso a simular.



Para cada configuración del sistema de interés, se decidieron cuestiones tácticas tales como la duración de la ejecución, el número de réplicas independientes del modelo, y el warm up time, el cual se define como el tiempo en que se ejecuta la simulación antes de empezar a recolectar datos. Se debe analizar los resultados y decidir si se requieren experimentos adicionales. La documentación para el modelo debió incluir el modelo conceptual, una descripción detallada del programa de computadora, y el resultado del actual estudio, junto a esto, la presentación final del modelo de simulación. La investigación realizada diseñó un modelo de eventos discretos del proceso de embalaje de bananas tipo “Cavendish” usando el software Flexsim y para esto se realizó un levantamiento de información dentro del proceso de embalaje de bananas y de las variables que intervienen, se identificaron distribuciones de probabilidad asociadas con las variables de entrada al modelo y se hizo un análisis del modelo de simulación para establecer opciones de mejoras para incrementar la producción.

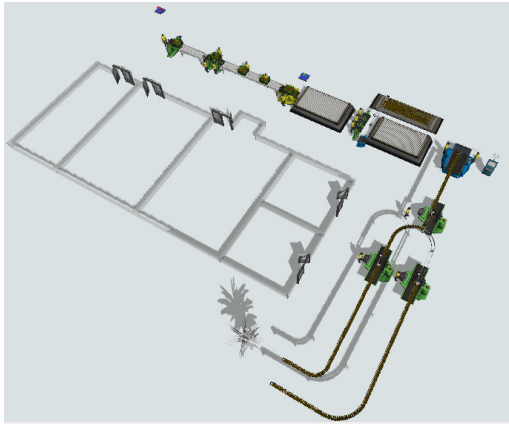
Se validó el modelo conceptual a través de un recorrido estructurado del modelo, esto no es más que analizar detalladamente el modelo a fin de encontrar incoherencias, errores u omisiones (lo cual casi siempre es el caso), las cuales deben ser corregidas antes de iniciar con la construcción del modelo. Con la ayuda de los datos obtenidos y el modelo conceptual se procedió a diseñar el sistema en el software de preferencia del usuario. Con el sistema existente, se comparó los datos de salida del modelo de simulación del sistema con los datos de salida del sistema real, los cuales fueron previamente recolectados, a esto se le llama validación de resultados y si no existiera un sistema real, entonces el analista debió revisar el modelo simulado mediante razonabilidad y si los resultados son consistentes en cuanto a la percepción de cómo debería funcionar el modelo se dice que el modelo tiene validez aparente. Los análisis de sensibilidad se llevaron a cabo en el modelo programado para constatar los factores que tienen el mayor impacto en las medidas de rendimiento y, por lo tanto, se modelaron cuidadosamente.

Las incertidumbres que aparecieron en los procesos, estarían más controladas si se analiza la propuesta en consideración y mediante este análisis se obtuviera una decisión más acertada sobre qué camino tomar no solo sobre una actividad de la organización sino de ella misma, por tal motivo, la toma de decisiones basada en experiencias previas es la metodología que siguen muchas pequeñas y medianas empresas para lograr un impacto en su proceso productivo, debido al uso de métodos empíricos, no hay forma de validar la asertividad de las decisiones tomadas (Peña Ariza & Felizzola Jimenez, 2020).

Previo al planteamiento de la propuesta de mejora, es menester conocer el comportamiento del sistema real a través del modelo, con la finalidad de tener un esquema más claro en cuanto a la eficiencia de la línea y cuellos de botella, FlexSim propone el uso del panel de dashboards, el cual contiene una amplia variedad de gráficos estadísticos editables conforme a los requerimientos del usuario, con ello, junto a una aproximación analítica y visual, se busca identificar la actividad que causa detrimento en el nivel de producción.

Figura 16.

Visualización de cuellos de botella mediante el modelo de simulación.



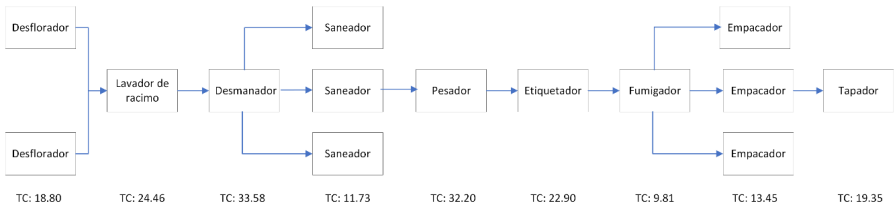
Mediante un análisis visual, se constató que el flujo de entidades en la zona de lavado y desmane de racimos es más demorado que en otras actividades como el saneo, o en las actividades llevadas a cabo en el conveyor de embalaje (pesaje, etiquetado, fumigado, empackado, y sellado). Para este análisis no se considera a las entidades en la zona del patio de racimos, puesto que en esta área se tendrá, por su naturaleza, mayor tiempo de permanencia, consecuencia del arribo de varias unidades de racimo al mismo tiempo, a lo anterior, se le añade el hecho de no considerar la holgura de tiempo entre los arribos, esto puede provocar un sesgo en la interpretación de la información, ergo, erróneamente se puede deducir que el cuello de botella se produce en la zona de desflorado.

Se procede entonces a localizar el cuello de botella empleando un método más analítico mediante un diagrama de cajas la misma en la que se detalla el tiempo promedio por actividad en función de la producción de una caja de banano. El tiempo del proceso de saneado fue cronometrado en función al corte de tres clústers, mientras que el tiempo del resto de actividades se encuentran en función de una caja de producto, por lo tanto, se debe ajustar el tiempo del saneado tal que de un racimo de banano se obtienen entre cinco y siete manos, se toma el valor intermedio, es decir seis, de cada mano se obtienen regularmente tres clústers, a su vez, cada caja de banano se llena con aproximadamente dieciocho clústers de fruta, es decir que cada caja se llena

con seis manos. El tiempo promedio para cortar tres clústers, lo que es igual a una mano de banano, es de 5.86 segundos, el tiempo para cortar la cantidad necesaria para una caja, es decir seis manos, se obtiene multiplicando 5.86 por 6.

Figura 17.

Diagrama de cajas del proceso de empacado de banano.



Los tiempos de ciclo de las actividades se calculan dividiendo el tiempo promedio de la actividad para el número de recursos disponibles para dicha actividad. Del diagrama de cajas es importante resaltar que en la actividad de desmane se presenta el mayor tiempo de ciclo.

Resultados y discusión

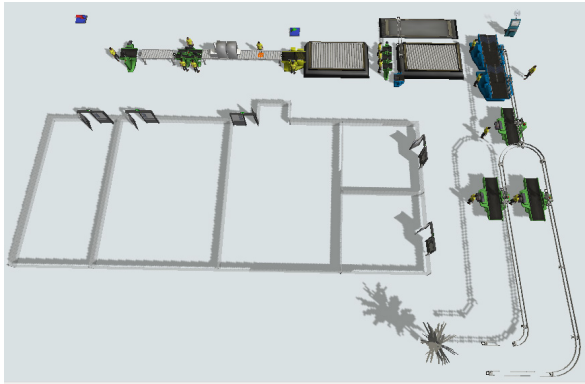
Resultados comparativos

Posterior a la recogida y tratamiento de los datos, se obtuvo un modelo de simulación que ofrece una solución viable e integral a los problemas discutidos previamente, es decir, que provea de una notable mejoría para el embalaje de bananas en las haciendas, en torno a los tiempos de producción y uso de los recursos asociados durante el proceso.

Además, con este modelo se pretende que impacte directamente en la optimización del embalaje de bananas con un incremento del índice productivo entre el 8% y 10%, resultado de la reducción o eliminación de las causas que provocan malestar en la organización, esto conlleva a la obtención de beneficios evidenciables a mediano y largo plazo. Con la ayuda del panel de dashboards, y para ambos escenarios se utilizó el mismo tipo de gráfico para el mismo objeto, es decir un gráfico de producción versus tiempo para analizar el sink nombrado como “Camión”. El modelo propuesto en flexsim se muestra en la siguiente figura.

Figura 18.

Modelo en Flexsim de la empacadora de banana de la empresa Aso. Guayas.

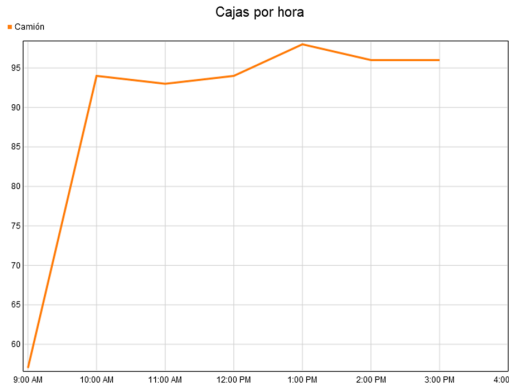


Nótese que en el lugar donde se encontraba el fumigador, ahora se encuentra una máquina que representa la cámara de fumigación, además, el encargado del fumigado es reubicado en el área de desmane. El uso de la máquina fumigadora disminuiría el tiempo que antes se encontraba entre 8 y 12 segundos a 3 segundos. Mediante el dispatcher se generó una conexión de puerto central para cada separador y una conexión de entrada con los operarios a cargo del desmane y el colaborador encargado de retirar los protectores, esto se traduce en que ahora el encargado de dicha actividad tendrá que ayudar a dos desmanadores en lugar de uno solo. Las gráficas en flexsim resultan muy útiles al momento de analizar nuestro modelo en busca de repuestas, no obstante, ya se ha mencionado que un modelo simulado nunca va a ser igual a un sistema real, por eso resulta necesario discernir entre lo que puede ser factible, ya sea únicamente a través de la simulación, o usando una comparación con el sistema real.

El porcentaje del tiempo trabajado del retirador de protectores es del 92,89% se puede interpretar que la persona actualmente está sobrecargada de trabajo, lo cierto es que el retirar los protectores no es una tarea que demande gran esfuerzo, al contrario del trabajo del desmanador, es decir, lo que indica la gráfica no es la carga de trabajo, sino más bien, el tiempo que el recurso se encuentra solicitado porque el proceso lo amerita.

Figura 19.

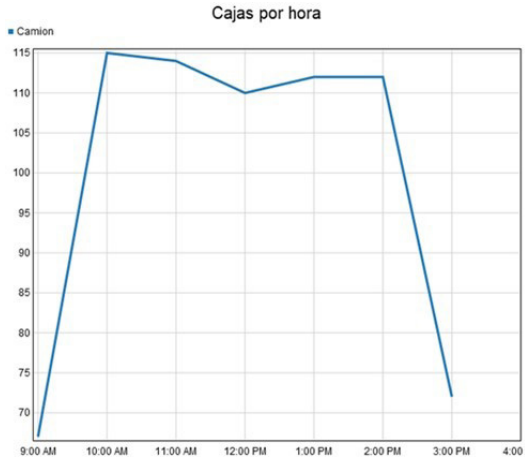
Gráfico de entrada de cajas al camión (sink) por hora de la situación actual.



En esta figura se muestra cuantas cajas han sido procesadas a través de las horas en que dura la jornada, y se puede observar que el cupo ha sido completado hasta el final de la jornada, sin dejar ningún tiempo de holgura y el récord de producción alcanzado fue de 99 cajas por hora.

Figura 23.

Entrada de cajas al camión (sink) por hora de la propuesta de mejora.



Existen dos aspectos importantes a resaltar en el gráfico, el récord de producción de cajas por hora, el cual alcanza las 115 cajas, y el decrecimiento de la curva al finalizar la jornada, esto tiene que ver con la configuración del source, el cual para ambos escenarios es igual, de esto se puede inferir que al terminar la jornada se produce menos cajas porque no hay arribos suficientes debido a que se ha reducido el tiempo de proceso, pero no se ha incrementado la cantidad de arribos.

Conclusión

El modelo se generó a través de un levantamiento de información, del cual se obtuvieron como resultado distribuciones de probabilidad, mismas que se asemejan a los tiempos de procesamiento por actividad del sistema real. Además, mediante la toma de tiempos se logró calcular el tiempo promedio de las estaciones que intervienen en el proceso, haciendo posible la identificación analítica del principal cuello de botella, el cual se evidenció que se encontraba ubicado en el área de desmane de racimo.

A través de una validación de cara se concluye que el sistema modelado se aproxima al sistema real con una exactitud de aproximadamente el 83% en cuanto a capacidad de producción, logrando producir 702 unidades de cajas de banano en el sistema modelado y 600 cajas en el sistema real.

Según la propuesta de mejora planteada se infiere, además, que realizando cambios como agregar una cámara de fumigación automática y reubicando al colaborador a cargo de la tarea de fumigado en la situación actual al área de desmane, se puede lograr, en términos de unidades producidas, un incremento del 16,66%, y en términos económicos, hasta \$816.00 USD por día de embarque.

Posterior a realizar el análisis de la situación actual y de haber revisado los pasos para realizar un modelo de simulación, se recomienda hacer uso de la información documentada en el presente artículo como punto de partida para nuevos análisis, lo cual facilitará en gran medida encontrar alternativas que permitan formular nuevas propuestas de mejora, siempre considerando una de las mayores virtudes del campo de la simulación, siendo esta la prueba de propuestas a un costo muy bajo o nulo, ya que si se desea conocer el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones, solo habría de realizarse cambios acorde a los nuevos objetivos propuestos.

Además, se recomienda establecer canales de comunicación efectivos entre el analista de simulación y el departamento de producción con la finalidad de incrementar la exactitud del sistema modelado, y así obtener resultados con un índice de exactitud mayor.

Referencias

- Aurea Maquilon, J. F., & Andino Becerra, X. (2022). *Rediseño del proceso de cosecha y empaque de banano para exportación implementando software de modelado y análisis de simulación 3d, en las haciendas Agrilecho 1, Agrilecho 2 y Libertad de la empresa Reybanpac ubicadas en el cantón Valencia*. Quevedo – Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Banks, J. (2005). *Discrete event system simulation*. Pearson Education India.
- Bravo Báez, G., Ortiz Flores, F., Ortiz López, F., Hernández Mortera, J., & Arrijo Rodríguez, M. (2019). Modelo de simulación en Flexsim del procesamiento del ala de pollo en una planta procesadora de aves. *Journal CIM*, 7(1).
- Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., & Román-Salinas, R. (2018). Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2), 97-104.

- González, C. A., Chaparro, I., & Ramírez, J. (2018). Importancia De La Simulación En Procesos Productivos. *Calidad e Innovación en los Procesos Productivos*. (25).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Iannoni, A. P., & Morabito, R. (2006). A discrete simulation analysis of a logistics supply system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(3), 191-210. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tre.2004.10.002>
- Kęsek, M., Adamczyk, A., & Klaś, M. (2019). Computer simulation of the operation of a longwall complex using the "Process Flow" concept of FlexSim software. In *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. Springer International Publishing, 97-106.
- Mayoral Hernández, S. D., & Ortiz Flores, F. (2021). *Mejora de la Eficacia Global del Equipo (OEE) del proceso de rectificado de una línea de producción de lima triangular en una fábrica de herramientas manuales en Veracruz*. Orizaba, Veracruz: Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. In *Tenth LAC-CEI Latin American and caribbean conference for engineering and technology*.
- Peña Ariza, L. V., & Felizzola Jimenez, H. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 277-292. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200277>
- Sobalbarro Figueroa, M. F., & Franco Franco, T. (2018). *Distribuciones de Probabilidad*.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema 6

Elaboración de la aleación C91700 por medio de la
norma UNS.

Katusca Valle Navarro

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
katusca.vallen@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3337-8371>

Erwin Joaquín Murillo López

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
erwin.murillo@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5350-5008>

Alemán Herrera Lozano

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
alemán.herrera@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-7755-8779>



Resumen

Se han realizado pruebas de fusión con chatarra de cobre de conductores y estaño puro para hacer aleación madre y aleaciones certificadas de acuerdo a la norma UNS C 91700 que es de gran utilidad para elementos que requieren de alta exigencia mecánica incluyendo grandes esfuerzos superficiales a velocidades medias y debido a su combinación de dureza, cualidades de superficie y resistencia a la corrosión, son muy usadas para fabricar las coronas de los reductores sinfín-corona, bombas, construcciones marinas.

Como resultado obtuvimos valores correspondientes a lo que exige la norma asegurando con esto la calidad de las aleaciones, lo que permite utilizarlas ampliamente en la industria donde se requiera alta exigencia mecánica y resistencia a la corrosión.

Palabras clave: Norma UNS, Aleación, Fusión, Chatarra, Fundición.

Abstract

Fusion tests have been carried out with copper scrap from conductors and pure tin to make mother alloy and certified alloys in accordance with the UNS C 91700 standard, which is very useful for elements that require high mechanical demands, including large superficial efforts at medium speeds and due to their combination of hardness, surface qualities and resistance to corrosion they are widely used to manufacture the crowns of worm-gear reducers, pumps, marine constructions.

As a result, we obtained values corresponding to what the standard requires, thus ensuring the quality of the alloys, which allows them to be widely used in the industry where high mechanical demands and resistance to corrosion are required.

Keywords: UNS Standard, Alloy, Fusion, Scrap, Foundry.

Introducción

La forma de obtención de una aleación de cobre es por medio de fundición y en nuestro país se lo realiza de manera artesanal debido a que no se presenta producción por lotes o en serie sino más bien se desarrollan piezas únicas o componentes mecánicos altamente resistentes al desgaste y que necesitan tener una composición química exacta.

Coronas de elevadores, hélices de barco, piezas de gran tamaño cuya importación puede llegar a realizarse en 5 u 8 meses se pueden realizar en el mercado local con la ayuda técnica necesaria.

Es por esto que existe la necesidad de dar una metodología apropiada al sector artesanal que brinda servicio a la gran industria en la fundición de piezas de desgaste para la elaboración de la aleación y verificación de su calidad in situ que permita llegar a la calidad deseada.

Los bronces, cobre Montero Ruiz, Murillo-Barroso, & Hook (2019) y estaño, han sido ampliamente usados en aplicaciones que demandan resistencia a cargas pesadas, velocidades bajas, así como también son resistentes a la corrosión Crespo Cánovas (2021), tienen alta dureza y son apropiados para obtenerlos por fundición para luego ser mecanizados y llevados a las formas solicitadas para la aplicación en la industria. Las propiedades mecánicas de algunos bronces son muy similares a las propiedades mecánicas del acero, sirven de material de sacrificio si se colocan en contacto con piezas desarrolladas en acero permitiendo su fácil reemplazo al tener la composición química deseada, la forma requerida y la metodología de fabricación calificada.

Tabla 8.
Bronces; Composición Química y Aplicaciones.

	NORMAS ACTUALES Y EQUIVALENCIAS				ELEMENTOS COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)									Resistencia Tracción (N/mm ²)	Límite Elástico (N/mm ²)	Alargamiento	Dureza Brinell	Densidad (g/cm ³)	Coef. de Exp. Térmica (10 ⁻⁶ /°C)	Coef. de Exp. Térmica (10 ⁻⁶ /°C)	Coef. de Exp. Térmica (10 ⁻⁶ /°C)	Módulo de Elasticidad (GPa)	CARACTERÍSTICAS RECOMENDACIONES GENERALES DE USO
	SAE	UNS	ASTM	DIN	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Sb	Ni	P											
Bronce al estaño	40	C-83600	B-145-4A	1705-R65	84/86	4-6	4-6	4-6	0.3	0.25	1	0.05	20.5	9.5	20	62	8.83	1.80	15	96	Debe ser utilizado para bujes y piezas de uso corriente con cargas y velocidades moderadas.		
	65	C-90700	B-427	1705-GS#B210	88/90	10-12	0.5	0.5	0.15	0.2	0.5	0.3	24	12.5	10	80	8.78	1.84	10	97	Estas aleaciones de base CuSn se destacan por sus excelentes propiedades de dureza, tenacidad, resistencia al desgaste, corrosión y elasticidad. Es necesario que tengan una buena lubricación, lo que les permite trabajar con cargas específicas elevadas. Aplicaciones: Piezas lubricadas con elevada carga, impacto y acoplamiento. Piezas sometidas de alta sollicitación. Coronas, Engranajes, Cojinetes, Camisas, Tuerca, Tornillos, Sifón, Balancines, Anillos y Tuerca de Fricción, Bujes de Biela, Prensa, Grúas, etc.		
Bronce al plomo	64	C-93700	B-144-3A	1716-GS#PbB10	78-82	9-11	8-11	0.8	0.15	0.55	1	0.15	20.5	8.5	15	60	8.95	1.85	10	76	Las aleaciones de CuPb se caracterizan por su excelente calidad anfrósica, resistencia a altas presiones, corrosión, vibraciones y golpes. Se recomiendan cuando la lubricación es deficiente. Aplicaciones: Bujes y Cojinetes con altas cargas. Prensa y Pistas mecánicas, Bujes de Biela, Bombas, Motores, Eje Automóvil y Ferrovial.		
	67	C-93800	B-584-93B	1716-GS#PbB15	75-79	6.3-7.5	13-14	0.8	0.15	0.8	1	0.05	18	9.5	12	50	9.25	1.85	12	69			
Bronce al aluminio	68A	C-95200	B-148-9B	-	86 min	8,5-9,5	-	-	2.5-4	-	-	-	45	17	20	110	7.64	1.62	11	103	Estas aleaciones se destacan por su gran resistencia mecánica, aún en altas temperaturas, poseen además, alta tenacidad, dureza, y muy buenas propiedades anticorrosivas, necesitan muy buena lubricación. Aplicaciones: Bujes de equipo pesado, guías y correderas.		
	-	C-95400	B-148-9C	1714-GF#AlB150	88 min	10-11.5	-	-	0.5	3.5	2.5	-	51.5	20.5	12	150	7.45	1.62	13	107			
Estano al plomo	43	C-86500	B-147-8A	1709-GS#M45	55-60	0.5-1.5	16-42	1.5	0.4-2	1	1	0.4	45	17	20	125	8.30	2.20	22	103	Estas aleaciones se destacan por su buena resistencia mecánica, elevada dureza y tenacidad; poseen muy buena aptitud para ser trabajados en caliente (Estruñón, Laminado, Forja) y requieren buena lubricación. Aplicaciones: Tuerca, pernos, helices, levas, coronas, engranajes, industria naval.		
	40A	C-86200	B-147-8B	1709-GS#M60	60-66	3-4.9	22-28	2.5-5	2-4	1	0.2	0.2	62	31	18	150	7.84	2.20	8	103			

Tabla 9.
Información Técnica de los Bronces.

ALEACIONES		ROJOS	AL ESTAÑO	AL PLOMO	AL ALUMINIO				
Denominación DIN		CuSn5ZnPb	CuSn7ZnPb	CuSn10	CuSn12	CuPb10Sn	CuPb15Sn	CuPb20Sn	CuAl10Ni
Denominación ASTM		C.83600	C.93200	C.90700	C.91700	C.93700	C.93800	C.94300	C.95500
PROPIEDADES GENERALES	Unidad								
Densidad	kg/dm ³	8.7	8.8	8.7	8.6	9	9.1	9.3	7.6
Carga de Rotura	Rp 0.2 N/mm ²	220	240-270	270	260-280	180-230	180-220	160	600-700
Límite Elástico	Rp 0.2 N/mm ²	90	120-130	130	140-150	80-110	90-110	90	270-300
Modulo Elastico	KN/mm ²	65-105	98-115	90-110	90-110	75-83	75-80	74-78	110-128
Alargamiento A _g	%	16	13-16	18	5-12	8-12	7-8	6	12-13
Dureza HB 10/1000		60	65-75	70	80-95	65-75	75-80	50	140-160
PROPIEDADES FISICAS									
Calor Especifico	J/g*K	0.373	0.356	0.376	0.376	0.376	0.376	0.376	0.418
Expansion termica	10 ⁻⁶ /°K	18.2	18.5	18.5	18.5	18.7	18.8	19.3	17-19
Conductividad Termica	W/(m*K)	71	64	59	54	54	63	71	60
Conductividad electrica	m/(Ohm*mm ²)	8.5	7.5	7	6.2	6	7	8.5	4.6

Los bronce al estaño son aleaciones ampliamente usadas en el sector de la industria debido a su aplicación, la combinación de la composición química de los elementos aleantes responden a propiedades mecánicas para grandes esfuerzos.

La aleación C91700 de la norma UNS posee una gran dureza, alta resistencia a la rotura y un límite elástico apropiado, es excelente conductor de la electricidad, acumula menos calor q otros metales, es menos rígido q los otros metales por lo tanto es más fácil de manipular y maquinar. Posee alta resistencia a la corrosión lo cual es apropiado para construcciones marinas como ejemplo de ello son las hélices de barcos que muchas veces tienen formas especiales y corresponden a un único modelo de fabricación.

Entre los usos del bronce al estaño se encuentran chumaceras, bujes, impulsores de bombas, anillos de pistón, componentes de válvulas, sellos, conexiones conductoras de vapor, engranes; los cuales se han solicitado para su fabricación en talleres artesanales.

Tabla 10.

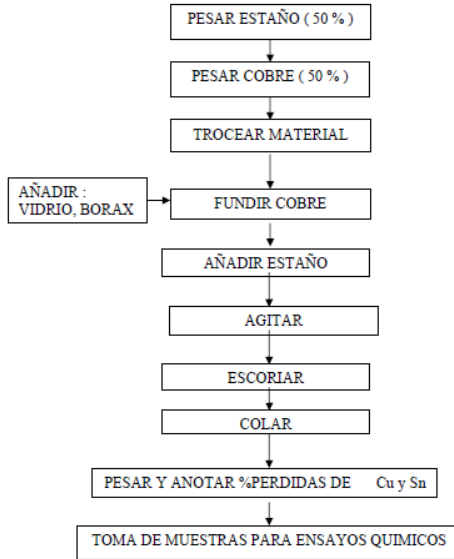
Composición de la aleación de cobre UNS c91700.

Contenido en porcentaje	
Cu	85-87,5
Sn	11,3-12,5
Pb	0,25 max
Ni	1,3-2,0
P	0,3 max

Influencia de los elementos aleantes

Figura 24.

Secuencia de operaciones para elaboración de aleación madre.



Los elementos aleantes principales y los residuales influyen en las propiedades de la aleación. Así: El Zinc, agregado en estas aleaciones, tiene por objeto actuar como agente desoxidante y aumentar la fluidez del metal, mejorando la maquinabilidad de la pieza colada. El zinc reemplaza una parte del estaño, reduciendo de esta manera el precio del metal. Sin embargo, al aumentar el contenido por encima del 2%, el color específico de los bronce se pierde, resultando un color superficial pardo oscuro, por ello nunca está presente sobre el 1%. Como ya se ha anotado antes, la maquinabilidad de esta aleación es solamente el 20 % de la del latón de maquinado rápido, por ello a veces se agrega a la aleación una pequeña cantidad de plomo para aumentar la maquinabilidad de la pieza fundida. Para este fin se agrega hasta un 2 % de plomo. Cuando se trate de bronce para cojinetes, usados en cargas elevadas y bajas velocidades se incrementa la cantidad de plomo hasta un 30 %, para procurar llegar a zonas blandas de plomo libre donde se aloja detritos y partículas arrancadas por fricción sin lubricación.

La proporción del hierro no debe aumentarse en la pieza fundida más del 0,3 %, de lo contrario la colada se hace quebradiza y disminuye la resistencia al impacto.

La presencia del aluminio y del silicio en la aleación es del mismo modo contraproducente, porque estos elementos hacen disminuir las propiedades mecánicas de la pieza fundida y dificultan el maquinado de la misma.

El fósforo es también perjudicial en la aleación si está presente en proporciones mayores a 2.04 % ya que tiene doble efecto. Aumenta tanto la fluidez del metal, lo cual es bueno en relación con el colado de piezas difíciles, pero este aumento de fluidez ocasiona dificultades si se efectúa la colada en moldes de arena de grano grueso sin pintura, ya que el metal se infiltra en el molde formando una mezcla arena-metal que es difícil de maquinar.

El níquel, antes era considerado como un elemento perjudicial para esta clase de aleaciones, se admite, por lo general, hasta el 2% de níquel para aumentar la resistencia mecánica de la aleación y mejorar el tamaño de grano ya que tiene la propiedad de generar centros de nucleación.

El azufre debe mantenerse debajo del 0,08 %, ya que este elemento empeora la fluidez de la aleación, aun con bajo porcentaje en la composición.

Entre las aplicaciones del bronce al estaño encontramos; fuelles, arandelas de sujeción, seguros, bujes, discos de embrague, resortes, engranajes, casquillos de cojinetes, tornillos sinfín. También se la utiliza en piezas de maquinarias sometidas a corrosión, así como impellers, bombas, rodamientos, construcciones marinas y se la usa para recipientes sometidos a presión. Por su amplio rango de enfriamiento haciendo la colada en moldes de arena se obtienen piezas de formas especiales, así como también se la utiliza para esculturas.

Materiales y métodos

Materiales

- Chatarra de cobre de conductores,
- Estaño 99,9% puro
- Chatarra de plomo de uso sanitario, plomo dulce
- Níquel puro 99,9%
- Fósforo en forma de pastillas (desgacificante)

- Diesel
- Gas propano
- Equipo utilizado
- Microscopio Leitz asistido por computadora
- Balanza de 20 kg, 6 Kg
- Crisol de 20 Kg, 5Kg, 3Kg
- Pinzas (agarrar crisol)
- Barra de hierro (mover colada)
- Probetero metálico
- Vidrio molido, Carbón vegetal
- Horno de crisol
- Termómetro digital
- Proceso de fusión de los bronce al estaño

Las aleaciones de cobre se funden usando diversos tipos de hornos, pero los más usados son los de crisoles de grafito calentados con carbón, petróleo o gas. Para la fusión de grandes cantidades de metal se emplean hornos de reverberos, hornos eléctricos, de resistencia o de inducción, que permiten una mejor regulación de la temperatura y disminuyen la posibilidad de absorción de los gases, que son el de mayor peligro para tener piezas homogéneas tanto en el exterior como en el interior de la aleación.

Las prácticas de fusión deben considerar los aspectos de forma de las piezas, así como los espesores. Las piezas pequeñas se funden más bien a temperatura baja; por el contrario, las piezas de tamaño grande deben fundirse calientes, para que los gases se separen. Es importante que se utilicen en el proceso de fusión crisoles limpios, para evitar una contaminación con otros metales; en particular deben descartarse para la fundición de bronce crisoles que hayan sido empleados anteriormente para aleaciones conteniendo aluminio, aún en porcentajes pequeños. Para obtener los mejores resultados es necesario que la fusión de los bronce se realice lo más rápidamente posible; por esta razón, y para obtener una mayor uniformidad y homogeneidad en la aleación, es conveniente efectuar la fundición de las piezas en dos tiempos:

1. Preparación, lingoteado de la aleación y control de la composición química, y
2. Refundición de los lingotes con ajuste de composición química y vaciado de la colada.

Para obtener los mejores resultados, especialmente a lo que se refiere las características mecánicas, se partió de las materias primas lo más puras posibles, limpias y sin óxidos. Para la preparación de la aleación se introdujo en el crisol o en el horno de reverbero o eléctrico el cobre en trozos no muy grandes, añadiéndole materiales cubrientes a base de vidrio, sosa, bórax, etc., que por tener un punto de fusión más bajo que el del cobre, funden primero y forman una capa protectora bajo el cual se recoge el cobre a medida que se inicia y continúa la fusión, el metal queda así protegido de la absorción de los gases que se desarrollan en la combustión y en el aire. Un sobrecalentamiento elevado es muy perjudicial para la fundición; se formarían óxidos de estaño, los que no se separarían, sino que quedarían en el metal solidificado, empeorando las propiedades de las piezas elaboradas y debe considerarse el aumento del costo porque hay que aportar nuevamente estaño. Cuando todo el cobre necesario para la aleación está fundido, se procede a una primera desoxidación introduciendo pequeñas cantidades de fósforo, este metal al combinarse con el oxígeno que el cobre pueda haber absorbido durante la fusión, forman óxidos que pasan a las escorias. Terminada esta segunda operación, se añaden por orden los elementos de la aleación, como el estaño, níquel y plomo, procurando, con adecuadas barras de hierro revestidas de grafito, tenerlos sumergidos en el baño para evitar fuertes pérdidas por oxidación (combustión). Se deja calentar suficiente la aleación y, después de quitar las escorias que flotan sobre el baño, se la vacía en moldes metálicos. Para asegurarse de la exacta composición de la aleación, porque, no obstante, todas las precauciones, siempre se producen pérdidas por oxidación, se practica el análisis químico a fin de realizar las necesarias correcciones y adiciones adecuadas para dar al metal la composición requerida.

Defectos típicos de las piezas fundidas de aleaciones de cobre

RECHUPES.- Son cavidades que se forman en el interior o exterior de las piezas moldeadas, y que tienen por causa la disminución de volumen que experimenta el metal o aleación colada, en el momento de su enfriamiento.

SEGREGACIÓN.- Los líquidos que se han solidificado para obtener las aleaciones contienen además de los elementos de soluto añadidos intencionalmente para obtener la aleación, elementos de impureza. Cuando solidifica

una aleación los elementos del soluto presentes, son más solubles en estado líquido que en estado sólido, entonces se presenta una falta de uniformidad en el soluto especialmente en aquellas zonas que solidifican al último (centro del lingote), sería llamada esta macrosegregación, que se refiere al cambio en la composición promedio del metal según se mueve de lugar a lugar en el lingote, también es posible tener variaciones de composición localizadas en una escala más pequeña que el tamaño del cristal, esto se llama microsegregación o segregación dendrítica.

SEGREGACIÓN DENDRÍTICA (CORING).- causada por solidificación dendrítica en aleaciones. El “coring” es muy común en fundiciones de aleación UNS C91700.

Metodología

Se uso la técnica experimental dividida en dos partes. Primero se encontró por prueba y error las típicas pérdidas de los elementos principales cobre y estaño durante la fusión. Luego se procedió a la elaboración de una aleación madre compuesta de cobre y estaño en partes iguales. Después se procedió a la fusión de lingotes de cobre y estaño en partes iguales. Luego se fundió la aleación madre considerando el porcentaje de estaño que posee y se agregó la cantidad de cobre requerido para obtener la composición indicada en la norma.

Segundo, se elaboró la aleación por el método directo. Con los porcentajes encontrados de las pérdidas típicas de la fusión de la aleación obtenida por el método que utiliza una aleación madre se hizo el cálculo de la carga y se procedió a la fusión primero del cobre y luego se incorporó el estaño y demás elementos de la aleación.

Se realizó el control de calidad de las aleaciones hechas por los dos métodos por medio de análisis químico, ensayo de dureza y metalografía. Con estos datos se encontró la aleación certificada, con la que el fundidor artesanal puede trabajar seguro que la aleación está dentro de la norma.

Con la aleación madre se realizó diferentes composiciones químicas para obtener una composición química ideal, se encontró que las pérdidas aproximadas son del 2% con el procedimiento de fundición realizado, se elaboraron ocho composiciones diferentes, dos que caigan por encima de la norma, dos por debajo y cuatro que caigan dentro de la norma. De esta prueba se escogió una aleación para ajustar químicamente. Luego se hizo una segunda alea-

ción madre ajustando a la composición química definitiva que caiga dentro del rango de la aleación C91700.

Control de calidad en la elaboración de la aleación UNS C 91700

El término control de calidad incluye un sin número de pruebas para asegurar que el producto obtenido de la fundición cumpla con los requerimientos en todos los aspectos contemplados en una norma, aparte que debe de cumplir aspectos intrínsecos de calidad no se pueden descuidar los aspectos extrínsecos, tal como los poros debidos a las prácticas de fusión artesanal sin control de la fusión. Siempre al solidificar el metal líquido quedan retenidos gases en su interior, se originan en la pieza moldeada poros o sopladuras. Por lo general estos defectos son más numerosos y de menor tamaño que los embudos o cavidades de contracción, y se distinguen de estas últimas por su forma esferoidal. Estos gases, en particular el aire, pueden pasar al molde en el momento de la colada, disueltos en el metal fundido, o entremezclado con él, debido a un aumento brusco del chorro de metal líquido. Ahora bien, como los gases son por lo general más solubles en los líquidos que en los sólidos, durante la solidificación los gases disueltos se desprenden. Los gases también pueden originarse como consecuencia de la reacción entre el metal líquido y las sustancias volátiles, tales como la humedad, contenida en el molde. La porosidad se puede reducir en gran medida aireando y ventilando convenientemente los moldes, y utilizando moldes que permitan una fácil evacuación del aire y gases contenidos en su interior. Es así que desde un principio se debe asegurar que la aleación a obtener va a cumplir con lo requerido. La chatarra de cobre viene en alambre y trozos de fusión de la producción de alambres de cobre, los mismos que serán lo más grueso posibles para minimizar las pérdidas, por oxidación. Como se añade estaño, el metal base debe tener la menor condición de oxidación. También se añade níquel. Tanto el estaño y el níquel se los consigue en el mercado local en forma de lingotes y ánodos de sacrificio con pureza comercial de 99,9%.

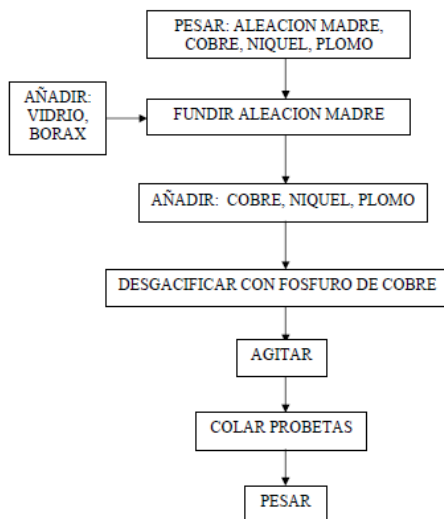
El plomo se usa de chatarra de plomo, de accesorios de instalaciones sanitarias o lo que se llama plomo dulce sin antimonio y el fósforo se lo encuentra nivel comercial en aleación al 14 % en aleación con cobre. Luego se controla el ingreso del material al horno; no todos los elementos ingresan en un solo tiempo. Primero es el cobre, cuando este ya esté fundido se le añade el estaño, níquel y plomo, en ese orden. La manera más efectiva para minimizar la absorción de hidrógeno durante la fundición es minimizar la cantidad de hidrógeno en contacto con el material fundido, haciendo la fundición con atmósfera ligeramente oxidante. Los hidrocarburos que se usan para la combustión son

compuestos de hidrógeno y carbón que al quemarse (unirse con el oxígeno) forman grandes cantidades de vapor de agua lo cual es un serio problema ya que esto comúnmente causa defectos en los productos terminados, es por esto que se aconseja fundir bajo condiciones ligeramente oxidantes; esto significa ajustar la relación combustible-aire del quemador lo que hace que exista una combustión completa, resultando una pequeña cantidad de oxígeno libre en la llama. Este exceso de oxígeno bajo circunstancias normales tiende a saturar la fundición con oxígeno y restringe la solubilidad del hidrógeno a niveles bajos aceptables. Una técnica de control para asegurar una atmósfera ligeramente oxidante es “la prueba del zinc” la cual consiste en sostener una pieza de zinc pequeña a la salida de la llama del quemador durante 5 segundos para luego observar su apariencia; si la superficie se ennegrece entonces la atmósfera es altamente reductora, si cambia de amarillo a gris claro es reductora y si el color no cambia entonces la atmósfera es oxidante. También debemos controlar la temperatura de la fundición que se hace este caso con termocuplas que es la manera más precisa de controlar este parámetro. Los moldes deben estar libres de humedad para esto se los precalienta con llama directa de lanzallamas de gas propano butano ya que el aire en particular puede pasar al molde en el momento de la colada, disuelto en el metal fundido o entremezclado con él debido a un aumento brusco del chorro del metal líquido. El siguiente control es en el vaciado del metal que debe ser continuo y lo más rápido posible para asegurar que no haya imperfecciones al momento de solidificar. Por último, se hace inspección visual escogiendo las probetas para análisis químico, ensayos de dureza, de tracción y metalografía.

Resultados

Figura 25.

Secuencia de operaciones para elaboración de aleaciones a partir de aleación madre.



Por el método de la aleación madre se encontró diferencias porcentuales para el cobre de 13,35% menos que el porcentaje de la norma, el estaño bajó en 0,96%, el plomo bajó en 0,05%, y el níquel bajó en 0,4%; se procedió a ajustar composición química a partir de la aleación con contenido en Sn de 13,46 %: Se añadió los 13,35% de Cu de la primera prueba y se consideró un 5 % de pérdidas en esta segunda fundición ya que la que se obtuvo provino de una aleación que casi cae dentro del rango requerido.

Al realizar ensayos químicos se encontró Bronce al Estaño con norma UNS C91700, cuyos valores son; Cobre 85,03%, Estaño 11,55%, Níquel 1,26%, Plomo 0,13 y Fósforo 0,1%.

Por el método directo, con valores de pérdidas del método de la aleación madre y con cargas al horno de dos diferentes aleaciones como son:

- Aleación 1: Cobre 90%, Estaño 12%, Níquel 2%, Plomo 0,15 y Fósforo 0,1%.

- Aleación 2: Cobre 90%, Estaño 13%, Níquel 1%, Plomo 0,15 y Fósforo 0,2%.

Los resultados finales dieron una aleación ajustada a la norma UNS C91700 con los siguientes porcentajes de aleación: Cobre 85,25%, Estaño 12,5%, Níquel 2%, Plomo 0,15 y Fósforo 0,1%.

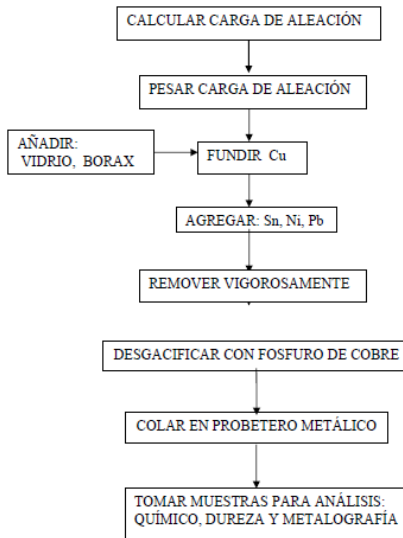
Análisis de dureza

Los ensayos de dureza se realizan con durómetro Brinell, penetrador de bola de acero de 10mm de diámetro y carga de 1500kg con tiempo de acción de 5 segundos.

Método de la aleación madre

Figura 26.

Secuencia de operaciones para elaboración de aleaciones por método directo.



121 BHN para aleación con 11.55% de Estaño.

Método Directo

117 BHN para aleación con 11,14% de Estaño.

Metalografía

Con pulido intermedio, con lijas desde 200 a 600 y pulido final con pasta de diamante (alúmina) de 1 micra, ataque con reactivo cloruro férrico (FeCl_3) e hidróxido de amonio (NH_4OH) alternadamente, pasa a observación final y microscopía x100.

Figura 27.

Microscopía C91700 experimental con el método de la aleación madre.

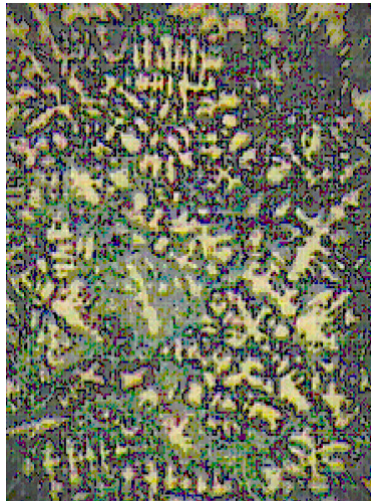
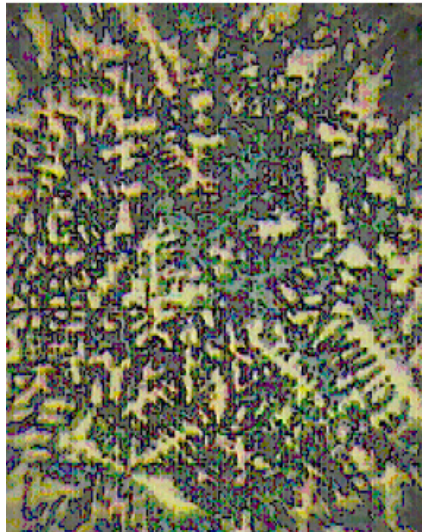


Figura 28.

Microscopía C91700 experimental con el método directo.



El ensayo de tracción realizado a probetas elaboradas tanto por el método de la aleación madre como el realizado a probetas hechas con el método directo nos da los siguientes resultados:

- Método de la aleación madre: 61,5 ksi
- Método directo: 61,2 ksi

Resultados y discusión

Con relación al método de elaboración

Se diseñó un proceso de fabricación en base a una secuencia de operaciones establecidas por diagramas de flujo las mismas que se siguen para obtener una aleación certificada.

Para poder entrar a este sistema secuencial de operaciones hemos tenido que realizar unos ensayos preliminares, los cuales están basados en conocer las características del equipo y los materiales utilizados, tal es así que los primeros ensayos fueron de ajuste para conocer el porcentaje de pérdidas que se dan durante la fusión de los metales. En unos casos las pérdidas fueron mayores en el cobre, en otros casos en el estaño.

El primer método realizado, que usa aleación madre para llegar a nuestro objetivo radica en que debemos tener una aleación en donde el estaño ya esté aleado junto con el cobre, procurando en lo posible que estén en partes iguales, luego deberemos fundir el cobre y añadimos la aleación madre y los elementos faltantes, para ajustar una composición que llega casi a la composición requerida, para luego con esta última ajustar a la composición deseada que en nuestro caso es la C 91700.

La diferencia de porcentajes en composición química para el cobre está entre el 6 y 10 %.

La diferencia de porcentajes en composición química para el Sn está entre 3 y 5%.

En el otro método que denominamos directo es aquel que conociendo las pérdidas de los elementos aleantes obtenidas, sirven de base para el cálculo de nuestra aleación final, considerando siempre que estas aleaciones son hechas de chatarra con alto porcentaje de pureza. Previo a la fundición de la aleación se hará lingotes de la misma.

La diferencia de porcentajes en composición química para el Cu está alrededor del 18%.

La diferencia de porcentajes en composición química para el Sn varía alrededor de un 4%.

Así podemos ir enumerando cada uno de los experimentos, cómo fuimos ajustando la composición química hasta conocer en detalle preciso cuáles eran las deficiencias de nuestro equipo y también se elaboró un procedimiento para llegar a la meta de obtener aleaciones que caigan dentro del rango requerido por la aleación UNS C91700.

Con relación a la calidad de la aleación

Hemos tenido resultados precisos al realizar el control de calidad a las aleaciones obtenidas por ambos métodos, es decir que es posible hacer estas aleaciones certificadas:

1. Usando material de reciclaje y,
2. Con equipo artesanal.

Utilizando un método de control de planta visual que consiste en hacer una probeta y ensayarla bajo condiciones de un análisis sencillo de comparación con un patrón de calidad conocida, luego se realiza un ensayo de fle-

xión, pero aplicando una carga de impacto con un martillo. Con este método podemos hacer ajustes finos en relación al color de la aleación, tamaño de grano de la aleación y presencia de defectos como porosidades, con esto se certifica la calidad de la aleación en relación a su constitución física de tal manera que no tenga defectos internos es aquí que estamos analizando qué tan efectiva ha sido el ajuste de composición química y la desgasificación realizada a la aleación. Luego aplicamos los ensayos normalizados de análisis químico, tracción, dureza y metalografía para con esto concluir el control de calidad de nuestras aleaciones, ratificando con esto que nuestros postulados están correctos ya que llegamos a condiciones de resistencia mecánica exigidas en la norma.

En cuanto al ensayo de dureza, el resultado de la misma no es imprescindible que sea el valor exacto que se expresa en la norma porque esto varía de acuerdo al rango de porcentaje del elemento aleante principal, y este es considerado en un rango de composición,

Así, el valor de la norma es de 106 Brinell y nuestro resultado está entre 100 y 120 Brinell.

Pero la composición química es imprescindible que caiga dentro del rango ya que es muy estrecho porque la aleación bajo la norma debe estar para el cobre entre 85% y 87%; y para el estaño debe estar entre 11,3% y 12,5%; valor que nos da 11,14% y 11,55%.

Todos los parámetros están analizados, certificados y ratificados debido a que caen dentro de la norma UNS C 91700.

Conclusiones

A mayor contenido de Sn; mayor dureza (92-125 HBN) de la aleación y aumento de color grisáceo en la fractura, así como también el tamaño de grano resulta más fino, la resistencia a la tracción también aumenta. No existe variaciones ni pérdidas considerables en cuanto a los elementos aleantes.

Los métodos sugeridos para obtener aleaciones certificadas a través de reciclaje en hornos artesanales son correctos.

Las secuencias de operaciones establecidas en los diagramas de flujo aseguran la calidad de las aleaciones aquí producidas.

Los equipos y materiales usados, sirven para el propósito que se fijó, es decir el reciclaje de chatarra genera aleaciones que cumplen con la calidad de una norma.

Recomendaciones

Se recomienda que los métodos aquí ensayados sean utilizados para producir aleaciones certificadas.

Se recomienda también que cada artesano tenga su propio método de asegurar su calidad.

El método de análisis rápido en planta le asegura una calidad constante lo cual es beneficioso para su producción. Si no se tiene microscopía es fundamental tener diferentes composiciones de estaño y una cartilla con patrones de calificación de fractura de las aleaciones, color y tamaño de grano de las mismas.

Se recomienda seguir con el estudio microscópico de las aleaciones en general, a fin de establecer una tabla comparativa que sirva a los fundidores como referencia calificadora.

Es importante además una investigación continua para el desarrollo, educación e implementación de procedimientos técnicos que usan normas internacionales. Es conveniente ofrecer capacitación de alto nivel y tener acceso al conocimiento de manera guiada, así como también es importante realizar visitas técnicas tanto de estudiantes a empresas, artesanos a universidades y en general acortar cada vez más la brecha que existe entre el conocimiento formal y el trabajo empírico para el desarrollo de nuevas formas de trabajo colaborativo y eficaz.

Referencias

- Crespo Cánovas, J. (2021). *Aleaciones de cobre: Desarrollos recientes y nuevas perspectivas*. Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9616>
- Montero Ruiz, I., Murillo-Barroso, M., & Hook, D. (2019). *La producción de bronce durante El Argar: frecuencia y criterios de uso*. Boletín del Museo Arqueológico Nacional. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/222340/3/2019-bolman-38-01-montero.pdf>

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

7

Análisis de la producción de quitina y quitosano
como materia prima biodegradable.

Normando López Valencia

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
normando.lopezv@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-9673-2642>

Sandy Berrezueta Merchán

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
vfsandy_88@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-2415-5077>



Resumen

El propósito de este trabajo es la elaboración de un plan de negocios para la producción y comercialización de quitina y quitosano para suplir la deficiencia de materia prima biodegradable a fin de elaborar fundas bioplásticas en un sector de la ciudad de Guayaquil. Se hizo un plan de negocio focalizado a una cadena de tiendas de conveniencia. La metodología usada fue de tipo cualitativa y cuantitativa, según el grado de abstracción es aplicada, por el alcance es descriptiva; se utilizaron la entrevista y encuestas, para obtener datos significativos para calcular la estimación de la demanda, y la cantidad de materia prima a necesitar para el proceso de producción del polímero. La muestra estratificada fue de 41 observaciones, siendo los responsables de cada tienda los consumidores primarios. Se procedió a organizar los datos mediante: tabulación de información, análisis, interpretación y presentación de los resultados. Con la aplicación de algunas herramientas, se hicieron los siguientes análisis con resultados favorables para la implementación del negocio: formulación de la idea de negocio (análisis de oportunidad, modelo de negocio), químico, entorno (político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal), industria, mercado y estimación de la demanda, planeamiento estratégico, mercado, aspecto técnico-productivo, administrativo (diseño de la estructura y plan de recursos humanos). La idea de negocio es altamente viable y rentable por sí mismo.

Palabras clave: Quitina, Quitosano, Plan de Negocio, Plástico, Biodegradable.

Abstract

The purpose of this work is to develop a business plan for the production and commercialization of chitin and chitosan to make up for the deficiency of biodegradable raw material in order to produce bioplastic bags in a sector of the city of Guayaquil. A business plan focused on a chain of convenience stores was developed. The methodology used was qualitative and quantitative, according to the degree of abstraction applied, and descriptive in scope; interviews and surveys were used to obtain significant data to calculate the estimated demand and the amount of raw material needed for the polymer production process. The stratified sample consisted of 41 observations, with those responsible for each store being the primary consumers. The data were organized through: tabulation of information, analysis, interpretation and presentation of the results. With the application of some tools, the following analyses were made with favorable results for the implementation of the business: formulation of the business idea (opportunity analysis, business model), chemical, environment

(political, economic, social, technological, environmental and legal), industry, market and demand estimation, strategic planning, market, technical-productive aspect, administrative (design of the structure and human resources plan). The business idea is highly viable and profitable by itself.

Keywords: Chitin, Chitosan, Business Plan, Plastic, Biodegradable.

Introducción

El Ministerio de Ambiente ecuatoriano ha aplicado el impuesto verde a envases plásticos (fundas y botellas) de base fósil. Según datos de la Asociación de Plásticos local (Aseplas), esta decisión afectaría al menos 500 empresas que procesan estos productos y entre pequeñas y medianas empresas que reutilizan el producto. En sí, la finalidad del Ministerio del Ambiente es incentivar el uso de aditivos biodegradables, para disminuir el impacto ambiental. En los últimos dos años (2021-2022) la producción local de fundas y envases biodegradables ha aumentado 35%, no obstante, el costo de fabricación resulta mayor en el 14% que el resto de fundas tradicionales, debido a la carencia en el mercado interno de estos aditivos, para que la funda de polietileno sea oxo-biodegradable. Además, con fecha 31 de diciembre del 2019, se publicó como Disposición Transitoria Sexta de Ley Orgánica de Simplificación y Progresividad Tributaria donde se establece el cobro del Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) a las fundas plásticas a partir del 9 de mayo de 2020. Durante ese año, por cada funda se pagó USD 0,04; y cada año aumentará USD 0,02 hasta el presente año 2023 (Romero, 2020).

Se busca sustituir las importaciones de aditivos biodegradables como materia prima para la producción de fundas plásticas, lo que derivará a su vez en una disminución de costos de producción y generación de empleo. El aprovechamiento de estos desechos constituye una oportunidad de desarrollo industrial en el país, y una excelente solución para el problema ambiental, siendo una alternativa sostenible y económicamente productiva. Esto permitirá también aprovechar los recursos naturales de los desperdicios de la industria pesquera. El beneficiario directo es una cadena de tiendas de conveniencia que ofrece “Variedad, calidad y economía” que puede extenderse a las demás empresas guayaquileñas y del país, que elaboran y compran fundas plásticas biodegradables y otros productos para embalaje, teniendo impactos en toda la cadena productiva hasta los consumidores intermedios y finales. El presente estudio propone la elaboración de un plan de negocios que contribuye al cambio de a matriz productiva y logre al cumplimiento de

los objetivos gubernamentales del plan nacional de desarrollo, cuya política es “promover la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales” (Senplades, 2014).

En investigaciones realizadas en otros países se demuestra que los residuos pesqueros albergan un polímero natural denominado quitina, sustancia que tiene aproximadamente 200 usos a nivel industrial, entre ellos en el área química. En países como Estados Unidos y Japón, ya se utilizan estos biopolímeros como aditivos biodegradables para elaborar plásticos a partir de los desechos de la industria pesquera. Los biopolímeros son macromoléculas, que son producidas por sistemas biológicos, estos pueden ser sintetizados en laboratorio, por ejemplo, de aminoácidos, azúcares, lípidos. Naturalmente los biopolímeros tienen origen animal como colágeno y la gelatina, marino como la quitina y el quitosano, agrícola como los lípidos y grasas e hidrocoloides (proteínas y polisacáridos); y microbiano como el ácido poliláctico (PLA) y polihidroxicanoatos (PHA) (Berrezueta, 2014).

La quitina es el segundo biopolímero más abundante en el planeta, superado por la celulosa, el cual se encuentra constituido por aminoazúcares unidos entre sí por enlaces glicosídicos $\beta(1\rightarrow4)$, formando una cadena lineal de unidades de N-acetil-2-amino-2-desoxi-D-glucosa, algunas de las cuales se encuentran desacetiladas. Se argumenta que la quitina natural posee un grado de acetilación, DA, de 0.66, es decir, que una de cada tres de sus unidades se encuentra desacetiladas. La quitina, al igual que la celulosa, actúa como material de soporte y defensa en los organismos que la contienen. Se considera como principal fuente de materia prima para la obtención de la quitina, con los residuos de la línea de procesamiento del camarón (exoesqueleto), el cual es un copolímero de B(1-4)-2-acetamido-2-desoxi-D-glucopiranososa y 2-amino-2-desoxi-D-glucoparinososa. El quitosano es un polisacárido lineal que se obtiene por desacetilación extensiva de la quitina, está compuesta por dos tipos de unidades estructurales: la N-acetil-D-glucosamina y la D-glucosamina, las cuales se entrelazan por enlaces del tipo $\beta(1\rightarrow4)$ glicosídicos. La quitina y el quitosano presentan diferentes propiedades dependiendo su estado, en estado sólido dependen de la accesibilidad y la movilidad de las cadenas del polímero; en solución, dependen de los parámetros de solubilidad y conformación de la cadena. Entre sus principales aplicaciones: medicina y farmacia, agricultura, cosmética, industria textil, industria alimenticia y tratamiento de aguas (Berrezueta, 2014).

Considerando estudios previos, tenemos que Fernandez & Ingber (2012) evaluaron el uso de estos materiales para la producción de fundas a partir de

materiales biodegradables, obteniendo el “*shrilk*”, el cual es potencial sustituto del plástico.

De acuerdo a un estudio realizado por la empresa agrícolas Cargill y la química Dow Chemical (autor de este estudio), ambas de Estados Unidos, descubrieron que hay bacterias que transforman el azúcar del maíz en ácido láctico por fermentación. Por medio de otro proceso químico, las moléculas de ácido láctico se reúnen en cadenas para formar un biopolímero conocido ácido poliáctico, que tiene propiedades similares a las del plástico que se usa para hacer botellas de refresco y fibras textiles, pero además biodegradable. También encontraron bacterias como la *Ralstonia eutropha*, que convierte directamente azúcares en un tipo de biopolímeros llamados PHA (Polihidroxi-alcanoatos) (Berrezueta, 2014).

García, Villacis, Ramos, & López (2020), llevaron a cabo investigaciones de diferentes biopolímeros como una alternativa para la obtención de nanomateriales de origen biológico, los cuales presentan mayor área superficial y favorecen las interacciones con la matriz polimérica y su desempeño.

El presente estudio explora mecanismos para reducir la deficiencia de aditivos biodegradables en la elaboración de fundas plásticas, por lo cual se propone elaborar un plan de negocios para la producción y comercialización, tanto de quitina como de quitosano para suplir la deficiencia de materia prima biodegradable a fin de elaborar fundas bioplásticas en la ciudad de Guayaquil.

Materiales y métodos

Este estudio considera el desarrollo de un plan de negocio, el cual analiza los siguientes aspectos: idea del negocio, aspectos químicos y/o farmacéuticos, análisis del entorno, análisis de la industria, del mercado y estimación de la demanda, planeamiento estratégico, análisis del marketing, análisis técnico-productivo, análisis administrativo (diseño de la estructura y plan de recursos humanos); análisis legal, ambiental y social (Villarán, 2009). Se hizo un plan de negocio focalizado considerando las características del mercado local en la que se considera un caso de estudio a través de una cadena local de tiendas de conveniencia como fuente primaria de información.

La metodología usada fue de tipo cualitativa y cuantitativa. Cualitativa porque está orientado en el desarrollo de un plan de negocios para la obtención y comercialización de un polímero biodegradable, el mismo que considera las

características y propiedades del producto y el grado de aceptación de esta idea de negocio en el mercado. Según el grado de abstracción es aplicada, encaminada a hacia la solución de problemas prácticos, orientada a decisiones. Por el alcance es descriptiva, se detalla los motivos por el cual se realiza los respectivos estudios o análisis. Se utilizaron técnicas e instrumentos para la recolección de datos, tales como: la entrevista y las encuestas, para obtener datos significativos para calcular la estimación de la demanda, y la cantidad de materia prima a necesitar para el proceso de producción del polímero.

En esta investigación la población de estudio fueron las respectivas personas encargadas de comprar los productos de la cadena de tiendas de conveniencia que ofrece “Variedad, calidad y economía” de la ciudad de Guayaquil, quienes serán los clientes indirectos, para lo cual se usó el cuestionario como técnica. La población de estudio consta de 46 tiendas, de las cuales, mediante un muestreo estratificado se asignaron 41 observaciones, por lo cual se obtiene una muestra altamente representativa. La muestra se estratificó, de las 21 tiendas del sur de la ciudad se encuestaron 19 de ellos, de las 5 tiendas del centro, se encuestaron 4 de ellos, de las 20 tiendas que están al norte de la ciudad, se encuestaron 18, sumando un total de 41 tiendas encuestadas; siendo los responsables de cada tienda los consumidores primarios.

Las técnicas y los instrumentos que se emplearon en la investigación, fueron la entrevista y la encuesta; y los instrumentos usados son los cuestionarios y las tabulaciones. Se procedió a organizar los datos mediante: tabulación de información, análisis, interpretación y presentación de los resultados.

Resultados y discusión

Crear una empresa implica principalmente una planificación, evaluar los pro y lo contra del mismo, para lo cual, se diseña documentadamente la empresa y conocer los riesgos o beneficios que se tendría, ayudando esto a optimizar el tiempo y los recursos, ya que antes de poner en ejecución la empresa se podría rectificar los puntos que presenten mayor conflicto para el buen desarrollo de la empresa y así evitar el fracaso de la misma.

Dentro de la idea del negocio se presenta el producto cuyo nombre es “Bioquitosan”, aditivo a base de quitina y quitosano, en polvo granulado, en saco de yute de 10, 25 y 50 Kg., como materia prima en la elaboración de fundas plásticas biodegradables. Cubre una necesidad insatisfecha de clientes directos e indirectos, de este tipo de fundas plásticas biodegradables, el número de clientes potenciales es suficiente, ofrece beneficios económi-

cos vendiéndose a un precio no superior al que la persona consumidora esté dispuesta a pagar, no tiene competencia con otro tipo de productos por tratarse de una biodegradación completa y en corto tiempo. En el análisis de la oportunidad se demostró que existe demanda insatisfecha, se analizaron las restricciones de importaciones y el aumento de pedidos de fundas plásticas biodegradables por parte de los consumidores finales.

Se llevó a cabo el análisis PESTAL, en el que se consideró el aspecto político, siendo el principal las restricciones en las importaciones, que favorece el desarrollo de este negocio e impulsa la matriz productiva del país, además el Ministerio de Ambiente aplicó el impuesto verde, que limita el uso indiscriminado de plástico que daña el medio ambiente.

El Fondo Monetario Internacional (FMI) prevé que la economía de Ecuador crecerá 2,9% en 2023 y será uno de los países de Sudamérica con mayor aumento en su PIB. La proyección fue presentada el 11 de abril de 2023 en el informe World Economic Outlook, durante las reuniones de primavera del FMI, que se realizan en Washington, Estados Unidos. Según el FMI, el crecimiento de la economía de Ecuador será menor que en 2022, sin embargo, estará por encima del promedio en Sudamérica (Tapia, 2023). El crecimiento estable de la economía, parte de los pronósticos hechos, permite que el plan de negocio se proyecte en buenas condiciones en el mercado.

En lo sociocultural, actualmente a nivel nacional e internacional existen campañas de educación sobre el cuidado medioambiental, a nivel industrial y doméstico, donde se busca alternativas para no afectar al medio ambiente, como el uso de plástico bioamigable, para contribuir al sostenimiento de la vida en el planeta. En lo tecnológico, el gobierno tiene como meta el cambio de la matriz productiva en el Ecuador, dando con ello el apoyo pertinente. Este plan de negocios contribuye a este cambio, a través de la obtención de material biodegradable. En lo ambiental, se ha considerado el cuidado medioambiental a través del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Medio Ambiente del Ecuador y que este plan contribuye a ello. En lo legal, existen leyes, para garantizar el derecho al consumidor, a la salud, seguridad social y laboral, y el gobierno está obligando a aplicar estas leyes con respecto al cuidado medioambiental, favoreciendo esto a la propuesta de negocio que se presenta. Realizado el análisis del entorno se puede aseverar que la idea de negocio propuesta en este plan, según los factores político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal, es favorable llevarlo a cabo.

Se estableció que en el mercado ecuatoriano aún no existe producto con las características que se ofrece, siendo única la idea de negocio. Por medio de las entrevistas se logró determinar la aceptación total de esta propuesta, se estableció un requerimiento no inferior a 1.000 kilogramos mensuales del polímero y que por cada kilogramo estarían dispuestos a pagar 10 dólares, con lo cual da un ingreso mensual promedio de 10000 dólares. Para obtener los 1.000 kilogramos de la quitina y quitosano se necesitarán 4.000 kilogramos de exoesqueletos, los mismos que serán suministrados por la empresa Pacetol S.A. cuya capacidad de venta de esta materia prima es de 50 gavetas diarias, de 50 libras cada una, al mes correspondería aproximadamente un total de 22,727 kilogramos; cada kilogramo de exoesqueletos de jaiba y camarón tiene un valor de 0.088 centavos de dólar.

Para llevar a cabo este plan de negocios, se realizó un análisis FODA. Entre las fortalezas, la empresa cuenta con una innovación, la quitina y el quitosano posee propiedades semejantes al plástico y es un potencial sustituto del mismo; la empresa contará con personal capacitado en el área química y operativa; se formarán alianzas con el proveedor, Pacetol, asegurándose así la provisión de materia prima. Entre las oportunidades se tiene, que la materia prima es accesible, la jaiba y el camarón mantienen su producción durante todo el año; la mano de obra abundante en el sector industrial donde se asentará la empresa y cercanía con proveedores. Entre las debilidades se tiene, que el producto es desconocido y hay falta de experiencia en la parte operativa del negocio. Entre las amenazas se tiene, que existe altas probabilidades de que a medida que la demanda aumente, la oferta también, ya que el gobierno ecuatoriano está fomentando el uso de materiales biodegradables.

La visión será la de ser empresa líder e innovadora con el mayor valor agregado para el mercado nacional, generando una cultura de servicio y calidad, fundamentando su crecimiento en el desarrollo sostenible del país. La misión es la de producir y comercializar materia prima biodegradable de excelente calidad, pensando en el fortalecimiento de la matriz productiva del Ecuador, con un gran sentido de responsabilidad social y del medio ambiente. El objetivo estratégico es, abarcar dentro de los primeros diez años el treinta por ciento del mercado guayaquileño que elaboran fundas plásticas biodegradables y expandirse en el mercado nacional. Como estrategia genérica, la empresa incursionará en el mercado con un precio igual e inferior, del que actualmente se está comprando los aditivos biodegradables, el trato comercial será directo y sin intermediadores. La ventaja competitiva será el trato directo que habrá con nuestro cliente, además de que el producto que se ofrece

es totalmente biodegradable y será producido en el país, y no será importado como los aditivos que ofrece la competencia. La empresa tendrá alianza estratégica con los proveedores, lo que permitirá obtener materias primas e insumos de acuerdo a las necesidades, garantía en los tiempos de entrega y la calidad del producto; y con el cliente, esto es, la cadena de tiendas de conveniencia, la confianza de tener una permanente atención al mercado.

El incremento progresivo de la demanda de aditivos biodegradables por parte de la industria plástica en el Ecuador nos da una posibilidad amplia para la creación de una empresa que ofrezca aditivos biodegradables para la elaboración de fundas plásticas. Respecto al mercado consumidor, la empresa será la primera en el mercado ecuatoriano y la empresa Sunchodesa mostró interés en comprar el producto, con proyección obtener como cliente a Plastigomez y Plapasa, ambos de la ciudad de Guayaquil. Respecto a la competencia, en el país no hay empresas que produzcan y comercialicen esta resina biodegradable a partir de exoesqueletos de jaiba y camarón, según Aseplas; sin embargo, se estima que un futuro nos tocará competir dentro del mercado nacional, que pueden ofrecer resina biodegradable de materia orgánica variada. En cuanto al mercado proveedor, existirá una alianza con Pacetol S.A., quienes procesan y exportan jaiba y camarón, los mismos que nos proveerán de sus exoesqueletos y a medida que la producción aumente se irán formando nuevas alianzas con otras empresas emparadoras, tales como Santa Priscila S.A y PHILIPS - SEAFOOD OF ECUADOR C.A, ambas ubicadas en Guayaquil. Respecto al mercado distribuidor, hasta el momento la distribución será directamente de la empresa al cliente, ya que solo se tiene un cliente, pero no se descarta la idea de formar un medio distribuidor, que estará en función con el aumento de la producción y con la expansión de clientes y pedidos. En cuanto a los precios, se tomó en cuenta el precio promedio de venta de productos similares que se ofrecen en el mercado de aditivo biodegradable. Estratégicamente el kilogramo de Bioquitosan se ofrecerá a un precio igual e inferior del que ofrece la competencia, el mismo que será a 20 dólares. De acuerdo a los análisis expuestos anteriormente, esta idea de negocio es viable.

El proceso de obtención de quitina se realiza mediante las operaciones de: acondicionamiento de la materia prima (revisión de la materia prima y sistema de molienda), lavado, desmineralización, desproteínización, desacetilación, enjuague, prensado, secado, pulverización y envase. Un cuidadoso control sobre estas operaciones es esencial para alcanzar una alta pureza y características físico químicas uniformes de la quitina. También las condiciones de proceso pueden ser adaptadas para obtener características especí-

ficas de la quitina de acuerdo con la finalidad propuesta. Se hizo el análisis del tamaño, análisis de la localización del proyecto y especificaciones de los requerimientos técnicos.

Se establecieron los valores respectivos de los reactivos químicos a usarse en las etapas de desproteínización y desmineralización. El acondicionamiento y revisión de la materia prima, sistema de molienda, dejando briznas pequeñas de 0,5 cm hasta 1 cm por lado. La cáscara de camarón se comporta de una manera similar al plástico, por lo que debe ser picada/cortada para lo cual se emplea un molino de cuchillos que corta las cáscaras en pequeños pedazos. Lavado profundo con agua a temperatura ambiente, con un sistema de agitación que le permita remover toda la materia orgánica adherida. Desmineralización, para eliminar el CaCO_3 empleando soluciones diluidas de HCl (hasta 10%) a temperatura ambiente, aunque también se han utilizado otros ácidos (HNO_3 , HCOOH , HNO_3 , H_2SO_4 , y CH_3COOH). La desproteínización con una solución acuosa diluida de NaOH a temperatura bien alta (65-100°C), con el fin de disolver la proteína. El tiempo de tratamiento suele variar entre 0.5 y 72 horas. Desacetilación, para convertirla en quitosano, para ello se pesará una cantidad de la quitina obtenida y se verterá en una solución de NaOH al 50% en una relación 1:4 sólido líquido, bajo las siguientes condiciones: primero por 2 horas a 60°C y luego por 2 horas a 100°C. Enjuague con profundo con agua a temperatura ambiente hasta que el indicador de PH señale que el producto está químicamente neutro. Prensado, en esta etapa las cáscaras acidificadas y escurridas se someten a un proceso de exprimido/prensado para desalojar la mayor cantidad de agua posible. Secado, las cáscaras bien escurridas y prensadas son deshidratadas en un secador, hasta obtener un producto con una humedad inferior al 10%. Pulverización, las cáscaras ya secas se someten a un proceso de pulverización para reducción de su tamaño convirtiéndose en flakes de quitosano. Envase, para su comercialización, el biopolímero será envasado en fundas de polietileno como envase primario y protegerlo de la humedad, esta funda a su vez estará en un envase secundario, el mismo que será el saco de fibra de yute en presentaciones de 1, 2 y 5 kilogramos.

Análisis del tamaño, se hizo el cálculo del área de la planta procesadora de quitina, con un total de 375 m², para un plazo de 10 años, se utilizaron los tamaños de toda la maquinaria y equipos necesarios para el procesamiento de las cáscaras de camarón y de jaiba. Se calcularon la superficie estática, gravitacional, de evolución, también áreas de recepción - embarque, almacenamiento, laboratorio y procesos complementarios a la producción. La ubicación será en la zona industrial del Km 11 Vía a Daule, en el sector de In-

maconsa. Trabajarán 5 obreros de planta por lo cual se consideraron espacios adicionales para manipulación de materiales y traslado.

El análisis administrativo muestra que se necesitarán 5 personas, los mismos que serán: un jefe de producción, un auxiliar, dos operarios y un contador externo, quienes cumplirán con las funciones de producción y de administración, los gastos mensuales que se tendrán por este rubro serán de 2.500 dólares.

Conclusión

Al finalizar el plan de negocios, es importante destacar el estudio realizado en cada uno de sus aspectos que lo componen y se concluyó que la idea de negocio es altamente viable y rentable por sí mismo, al no haber empresa que se dedique en la producción y comercialización de quitina y quitosano en el país, además de que, en la actualidad, el gobierno está impulsando el cambio de la matriz productiva, y la línea de venta será directa, sin intermediadores alguno.

A partir de este plan de negocios, se puede profundizar y ampliar en temas importantes, los mismos que garanticen un mejor control y adecuado desarrollo y sostenimiento de la matriz productiva del país. Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental, que la empresa aplique normas ISO 9001, ISO 45001 e ISO 14001. Se debe realizar un estudio económico financiero, para el fortalecimiento de este plan de negocios y su factibilidad.

Referencias

- Berrezueta, S. (2014). *Propuesta de un Plan de Negocio para Producir y Comercializar Quitina y Quitosano como Materia Prima Biodegradable*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7975/1/BCIEQ-%20T-%20005%20Berrezueta%20Merch%C3%A1n%20Sandy%20Patricia.pdf>
- Fernandez, J. G., & Ingber, D. (2012). Unexpected Strength and Toughness in Chitosan-Fibroin. Laminates Inspired by Insect Cuticle. *Advanced materials*, 24(4), 480-484.
- García, R. V., Villacis, I., Ramos, A., & López, G. (27 de febrero de 2020). BIOEM-PAQBioempaques para la industria alimentaria a partir de nanocompuestos y polímeros naturales. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 27(2), 34-55.

- Giménez, G. (2011). *Producción acuícola aumentó en 9,2%*. Obtenido de www.minci.gob.ve
- Romero, M. J. (9 de Septiembre de 2020). *Crowe*. Recuperado el 12 de Mayo de 2023, de <https://www.crowe.com/ec/news/content/9mayo2020>
- Senplades. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Tapia, E. (11 de abril de 2023). *Primicias.ec*. Recuperado el 12 de mayo de 2023, de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/fmi-crecimiento-pib-ecuador-desempleo/>
- Villarán, K. W. (2009). *Plan de negocios. Herramientas para evaluar la viabilidad de un negocio* (Primera edición ed.). (A. A. Eduardo Lastra, Ed.) Nathan Associates Inc.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

8

Big Data como apoyo para la administración de servicios públicos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

Ernesto Max Loján Granda

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
ernesto.lojang@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1194-1522>

María José Trujillo Coloma

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
maria.trujilloc@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8619-224X>



Resumen

La motivación que ha inspirado este artículo de investigación es orientar la creación de una herramienta simple que sirva para mejorar la calidad de los servicios públicos abastecidos por la Municipalidad de Guayaquil. La red Twitter sirve como productora de denuncias acerca de carencia de servicios públicos, pero los datos que ofrece carecen de estructura definida, por lo que su tratamiento se vuelve complejo. Por otra parte, la tecnología Hadoop MapReduce, es capaz de procesarlos con fiabilidad y velocidad. En el presente artículo, se revisan y analizan tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 tal como el ecosistema Big Data asociado con aplicaciones de geolocalización que muestran mapas web de seguimiento y control, de manera que tanto autoridades como ciudadanos puedan monitorear gráficamente los problemas de la ciudad. Este estudio sugiere que es posible construir una arquitectura tecnológica con herramientas de código abierto para abordar temáticas de gestión de calidad de servicios comunitarios y al mismo tiempo coadyuvar al logro de metas de sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Industria 4.0, Big Data, Twitter, Hadoop, Geolocalización, Economía Circular.

Abstract

The motivation behind this research article is to guide the creation of a simple tool that can improve the quality of public services provided by the Municipality of Guayaquil. Twitter serves as a source of complaints about the lack of public services, but the data it provides lacks a defined structure, making it difficult to process. On the other hand, Hadoop MapReduce technology can process such data reliably and quickly. In this article, Industry 4.0 enabling technologies are reviewed and analyzed, such as the Big Data ecosystem associated with geolocation applications that display web maps for monitoring and control, allowing both authorities and citizens to graphically monitor the city's problems. This study suggests that it is possible to build a technological architecture with open-source tools to address community service quality management issues while also contributing to achieving environmental sustainability goals.

Keywords: Industry 4.0, Big Data, Twitter, Hadoop, Geolocation, Circular Economy.

Introducción

Internet se ha convertido en la principal fuente de datos acerca de temática social de diversa índole, un efecto de ello es la creación de sitios web que ofrecen mapas interactivos que toman información de redes sociales.

En concreto, mapas de seguridad ofrecen información sobre hechos delictivos, por ejemplo, el sitio www.mapadelincuencial.org.mx permite seleccionar ciudades de México y observar geográficamente lugares de peligrosidad delictiva. En Ecuador, en el año 2009 se lanzó un sitio web de similares características, www.delitosecuador.com, el cual registraba experiencias de personas que sufrieron actos delictivos, los datos se obtienen a través de redes sociales como Twitter y Facebook. Por algún motivo dicho sitio web ya no funciona.

Otros ejemplos interesantes están en el sector turístico, que ofrece mapas en línea de hoteles y planos guía de la ciudad visitada, o el sector gastronómico, que muestra mapas interactivos para elegir restaurantes de acuerdo con costos y sus características. Y es que la tendencia actual, respecto de los sistemas de información, apunta a ofrecer a usuarios de todo tipo de servicio, visión interactiva geográfica en tiempo real, como apoyo para tomar decisiones o simplemente para estar bien informados.

En cuanto al sector del servicio público, específicamente en la ciudad de Guayaquil, no se encontraron sitios web que ofrezcan información interactiva, ni de otro tipo, sobre la problemática del servicio público. Es obvio que los gobiernos municipales se hallan muy interesados en mejorar la calidad de su gestión, consecuentemente, necesitan darle seguimiento gran extensión como Guayaquil, necesitan contar con mecanismos de atención más ágiles.

De hecho, la retroalimentación típica de calidad de servicio usada en las instituciones públicas, son los oficios con peticiones o reclamos que reciben, sin embargo, municipios de ciudades de gran extensión como Guayaquil, necesitan contar con mecanismos de atención más ágiles. La M. I. Municipalidad de Guayaquil no registra estadísticas públicas sobre quejas acerca de servicios municipales tales como: alcantarillado, agua potable, recolección de basura, alumbrado público, ordenamiento urbano, contaminación, ruido, seguridad, entre otros. En la página web del INEC tampoco se observan publicaciones al respecto. Sin embargo, en redes sociales como Twitter o Facebook es habitual observar quejas por problemas en los servicios municipales; en estos sitios los ciudadanos expresan malestar y típicamente adjuntan fotografías como evidencia de dichos problemas.

En efecto, las redes sociales son una importante fuente de información en tiempo real, sobre problemas y calidad de los servicios provistos por el cabildo guayaquileño. Por lo tanto, sería valioso acceder a las denuncias y comentarios que la ciudadanía emita, con relación a dichos servicios, ya que permitiría tener la retroalimentación necesaria para planificar acciones correctivas y atacar los problemas eficazmente, así como mantener registros estadísticos que permitan el seguimiento y planeación de políticas que contribuyan al bienestar de la ciudad.

Ahora bien, hace relativamente poco tiempo, recolectar información de redes sociales analizarla y convertirla en información útil, usando medios de procesamiento convencionales, hubiera sido demasiado complicado como para considerar seriamente una implementación de este tipo. Las bases relacionales tradicionales fueron diseñadas para asimilar datos estructurados, compatibles, y de volumen limitado. Datos originados en sitios como Facebook, Twitter o LinkedIn por citar algunos, no pueden ser llevados ni procesados en una base de datos relacional.

Sin embargo, con el advenimiento de los habilitadores tecnológicos de la Industria 4.0, como la computación en la nube y el desarrollo de tecnologías de análisis de datos masivos no estructurados, se hace posible, a bajo costo, escarbar dentro de estructuras de información no convencionales para obtener soporte estratégico de negocios (Juhasz, 2018), (Alami & ElMaraghy, 2021).

Por otra parte, el presente artículo sugiere que el diseño del sistema de información planteado contribuye a abordar aspectos concernientes a sostenibilidad, una buena parte de denuncias de la comunidad tiene que ver con el desperdicio de recursos vitales, tales como agua o energía eléctrica, incluso temas relacionados con contaminación ambiental. Así, el presente artículo hace una revisión de tecnologías de código abierto para el análisis masivo de datos no estructurados, con el objetivo de orientar el diseño de un sistema de información, usando la red Twitter como fuente de datos, que ofrezca un mapa web de calidad de servicios suministrados por la M.I. Municipalidad de Guayaquil.

Así, esta investigación se plantea las siguientes interrogantes:

1. ¿Es posible diseñar una arquitectura que capture información de redes sociales, de manera simple y rápida, para mejorar la calidad de atención de reclamos de la comunidad?
2. ¿Tal arquitectura, contribuye a la sostenibilidad ambiental?

A continuación, se revisa e identifica en la literatura disponible, definiciones clave que puedan llevar a la construcción una arquitectura Big Data capaz de procesar datos provenientes de la red social Twitter, y desplegarlos visualmente.

Big Data

El concepto Big Data trata el manejo masivo de datos, en el orden de Petabytes o más, semi o no estructurados, distribuidos en la nube de cómputo, a los cuales no es factible aplicar métodos usuales de procesamiento (Bhoola, Kruger, Peick, Pio, & Tshabalala, 2014), (Puyol Moreno, 2014). La figura 29 muestra sus características esenciales.

Figura 29.

Características Big Data.



Nota. Adaptado de *Big Data* de Enrique G., 2014, Gravatar. Biz (https://gravatar.biz/bi/big-data/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+gravatar+%28Business+Intelligence%2C+Data+Warehouse+%3A+Gravatar%29)

Ahora bien, Big Data en sí mismo no produce valor alguno. El análisis de Big Data combina técnicas y tecnologías que permiten transformarlo en información útil (Maltby, 2011). En Maltby (2011), se describen técnicas y tecnologías utilizadas para manejar grandes volúmenes de datos como, por ejemplo, la Minería de Datos, técnica que combina métodos estadísticos con el objetivo de hallar patrones de comportamiento en un conjunto de datos. También se ha desarrollado software para facilitar el análisis de datos a gran escala: Hadoop MapReduce es una tecnología de procesamientos masivo de datos (Almeer, 2012).

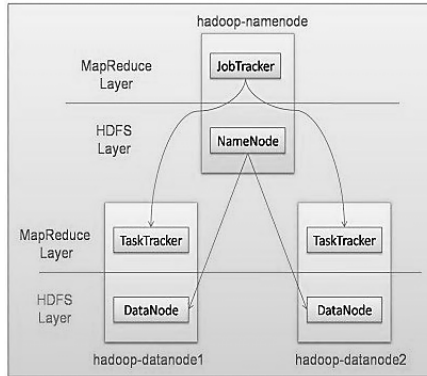
Apache Hadoop MapReduce

Hadoop MapReduce es un proyecto de código abierto, desarrollado por Doug Cutting (Cutting era un empleado de Yahoo!, donde dirigió el proyecto Hadoop a tiempo completo) que se especializa en analizar datos masivos semi o no estructurados, velozmente y en tiempo real.

Hadoop usa un sistema de archivos HDFS (Hadoop distributed file system) similar al usado por Google File System, para el almacenamiento de datos distribuidos, de manera que puedan ser procesados paralelamente por servidores independientes denominados NODOS. El procesamiento en los nodos es administrado por la tecnología MapReduce, la cual tiene la habilidad de dividir el trabajo en tareas concurrentes y juntar posteriormente los resultados y mostrarlos (Loganathan, Sinha, Muthuramakrishnan, & Natarajan, 2014).

Figura 30.

Arquitectura MapReduce.



Nota. Adaptado de *La “Gran División”* de W. Inmon y otros, 2019, Arquitectura de datos (Segunda Edición); Prensa Académica (<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/hadoop-environment>)

En la figura 30 se puede apreciar que MapReduce usa una arquitectura Maestro-Esclavo, donde Job Tracker (maestro) distribuye Task-trackers (esclavos) a lo largo de nodos habilitados, los cuales almacenan datos usando el sistema HDFS.

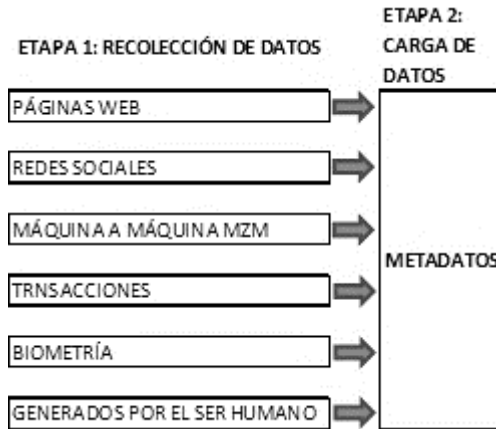
Arquitecturas Big Data

En Camargo Vega, Camargo Ortega, & Joyanes Aguilar (2014) se analizan las arquitecturas Big Data propuestas por Krishnan Krish , Microsoft y Bob Marcus ,obteniendo como resultado una arquitectura que reúne lo mejor de los tres modelos. En la figura 31 se puede apreciar las etapas 1 y 2.

En la etapa 1 la fuente de datos es variada y no estructurada, en la etapa 2 se estructuran los datos en grupos, mediante el uso de bibliotecas semánticas construidas de acuerdo con el problema a resolver.

Figura 31.

Etapas 1 y 2 de arquitectura Big Data.



La etapa 3 corresponde a la transformación de los datos. Primeramente, se hace la *Colección* de datos que consiste en la búsqueda dentro de los Metadatos, luego la *Agregación*, que reúne los datos de similar estructura, posteriormente la fase *Congruencia* reúne datos sin importar si son de igual estructura y en último lugar, la fase *Minería De Datos* halla relaciones entre los datos colectados por los pasos anteriores.

Finalmente, La etapa 4, extracción de datos, es la etapa donde los datos se transforman en información útil y visual. La figura 32, muestra las etapas 3 y 4 en conjunto.

Figura 32.

Etapas 3 y 4 de arquitectura Big Data.



Twitter Data Collection

Tal como se ha explicado, Hadoop MapReduce proporciona almacenamiento y procesamiento de datos desde fuentes variadas, a gran escala y procesamiento en paralelo a fin de optimizar los tiempos de respuesta. Sin embargo, dependiendo del propósito que se quiera dar al sistema informático es necesario el uso de componentes adicionales. El ecosistema Hadoop proporciona herramientas que funcionan en la capa más alta de Hadoop, de manera que el usuario no tenga que lidiar con complejos algoritmos de extracción, análisis y visualización de resultados.

En Galvéz-Peréz, y otros (2015), se hace un análisis de los componentes necesarios para producir el “Twitter Data Collection” (TDC), la creación de una gran base de datos de Tweets. El autor (op. cit.) evalúa los distintos APIs de Twitter disponibles para manejo de datos masivos, eligiendo Apache Flume como la mejor opción.

Apache Flume

Apache Flume se define como servicio distribuido, seguro y con alta disponibilidad para una eficiente recolección, unión y movimiento de grandes cantidades de información, no solo de log data, sino también de cantidades masivas de eventos de datos incluyendo tráfico de datos de red y datos generados por social media procedente de fuentes de datos no relacionales (Galvéz-Peréz, y otros, 2015).

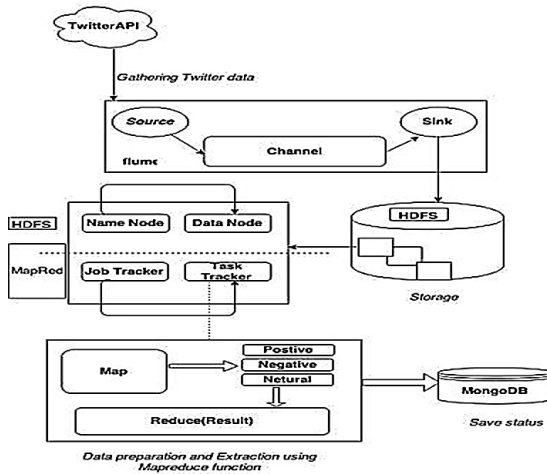
La razón por la que Apache Flume resulta el mejor API para crear el TDC radica en que además de ofrecer seguridad y eficiencia, HDFS retorna datos en formato JSON (JavaScript Object Notation.), el cual es el formato de intercambio de datos que usa Hadoop.

Recolección de datos con Flume

De acuerdo con Mahalakshmi & Suseela (2015), una arquitectura para análisis de comentarios usando Twitter, con el API Flume, se plantea en la figura 33.

Figura 33.

Arquitectura Flume – Hadoop Map Reduce.



Nota. Adaptado de *Big-SoSA: Social Sentiment Analysis and Data*, de Mahalakshmi & Suseela, 201, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering pág. 305

De acuerdo con la figura 5, **Source** es la entidad por donde entran los datos a Flume, hay diversos tipos de **Source** que encajan en determinado tipo de datos. Por ejemplo, FlumeTwitterSource usa la librería Twitter4J para conectarse a **Streaming API** y así adquirir tweets de manera continua. **Channel** es un lugar de espera que conecta el dato con **Sink** de manera que **Source** y **Sink** puedan trabajar coordinadamente. **Sink** transmite cada dato recibido por un único **Channel** hacia el almacenamiento **HDFS**.

HDFS se encarga de segmentar y almacenar bloques de datos. El tamaño de un bloque en *HDFS* es de 64 MB por defecto. *Namenode* administra el árbol del sistema de archivos y los metadatos. *Namenode* tiene la función de Maestro, como ya se vio en la figura 33, MapReduce usa este esquema de trabajo para paralelizar el procesamiento. Los *Datanode* cumplen la función de *Esclavos* almacenando y recuperando bloques de datos e informando a *HDFS*

El proceso MAP crea pares Clave-Valor, de acuerdo con el diccionario de comentarios que se defina, con el objetivo de computarlos, luego el proceso *Reduce* se encarga de organizar los resultados antes de mostrarlos. En cuanto a la base de datos NoSQL, donde finalmente se almacenarán los resultados obtenidos, se pueden tener varias opciones: HBase, Cassandra, MongoDB, Riak, son algunas de ellas. Se sugiere usar HBase ya que se ajusta mejor con los TDC (Gil Pérez, 2014).

Análisis de Datos

Una vez organizada la información, se hace necesario un análisis rápido y eficaz. Entre las opciones para desarrollar consultas están: Hive, Pig o Jaql, componentes del ecosistema Hadoop, de las tres opciones cualquiera es recomendable ya que hacen análisis en corto tiempo, sin embargo, Hive destaca por ser algo más rápida (Rathee, 2013). Tal como se explica más adelante, también se pueden crear scripts sencillos como herramienta de conteo de ocurrencias de palabras, en lugar de crear código NoSQL.

Métodos de clasificación de textos.

En Kaushik & Mishra (2014), se evalúan métodos de clasificación de textos más utilizados: “la máquina de aprendizaje”, emplea algoritmos basados en el método Naive Bayes. Los algoritmos de máquina de aprendizaje entrenan a la computadora acerca de cómo reconocer frases a través de la vinculación probabilística de entradas y salidas textuales.

Otro método, denominado “Basado en Léxico”, asume que la polaridad colectiva de un documento es igual a la suma de polaridades de cada palabra o frase de ese documento. Ambas categorías de clasificación de textos son buenas y exactas, pero la Máquina de aprendizaje demanda mayor tiempo de ejecución de análisis ya que su estructura operativa no está pensada para el manejo de datos masivos (Kaushik & Mishra, 2014).

Por el contrario, el método basado en Léxico construye un diccionario de términos lexicográficos, cuyo procesamiento es más simple, lo cual le permite a este modelo ser más liviano y por ende tener una buena performance, acorde al ambiente Big Data (Galvéz-Peréz, *et al.*, 2015).

Diccionarios Lexicográficos

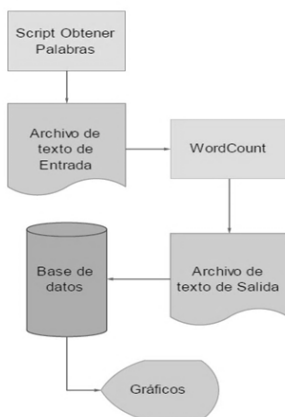
La técnica de diccionarios lexicográficos es una poderosa herramienta usada en la minería de texto, como ejemplo, el diccionario de análisis de sentimientos asigna un puntaje determinado de acuerdo con el tipo de palabra que puede estar entre tres categorías: positivo, negativo o neutral (Ramesh, Divya, Divya, Kurian, & Vishnuprabha, 2015), (Nurfadhlina, 2014). Para el caso de la problemática propuesta en el presente artículo, no se aborda el análisis de sentimientos u opinión, sino la denuncia. Por lo tanto, el diccionario sugerido discrimina frases que tengan relación a servicios municipales. Palabras tales como: alcantarilla, basura, ruido, aguas servidas, agua potable, luminarias, maleza, solar, etc., forman categorías que puedan graficarse en un mapa, como referencia de los problemas de la ciudad.

Tendencias de Palabras

Una vez obtenido el diccionario lexicográfico, es necesario analizar el texto. WordCount es una aplicación sencilla hecha en java que se encarga de analizar texto de una lista y hallar las ocurrencias, similar a una matriz de adiciones (Gallardo, Bermeo, & Cedeño, 2012), el modelo a seguir se define en la figura 34.

Figura 34.

Estructura de análisis de texto.



Nota. Adaptado de *Sistema de reportes y análisis sobre tendencias en la Web de la ESPOL usando Hadoop para el procesamiento masivo de los datos* de Gallardo, Luis; Bermeo, Fabricio y Cedeño, Vanessa (2012, pág. 9)

El script “Obtener Palabras” en este modelo, representa el input provisto por Flume, luego convertido en diccionario lexicográfico (Archivo de texto de entrada) tomado por WordCount.

Creación de Mapas Web IP Geolocalización

Existen muchas herramientas de IP Geolocalización en el mercado, la mayoría de ellas de pago. MaxMind GeoLite, freegeoip.net, hostip.info, ipinfodb.com son algunas de ellas. En cuanto a exactitud, va a ser variable ya que estas tecnologías dependen de la cercanía del proveedor de internet (Martínez, 2013). Todas estas herramientas son de propósito general y no es recomendable usarlas para geolocalización de eventos debido al riesgo de inexactitud (Zander, 2012).

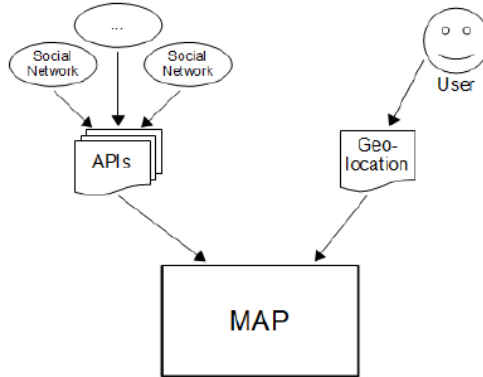
Estructura de despliegue de Tweets

La estructura básica para desplegar Tweets geolocalizados en un mapa muestra en la figura 35, se pueden identificar tres componentes principales: Redes Sociales, Algoritmo de geolocalización y el mapa donde se despliegan los datos. A fin de obtener la geolocalización se pueden seguir varias alternativas (Martínez, 2013):

- Vía GPS (sistema de posicionamiento global), lo que requiere tener un módulo GPS en cada móvil.
- Triangulación, lo cual demanda contar con dispositivos inalámbricos de acceso en los alrededores.
- Detección a través del protocolo IP, aunque este método no siempre garantice exactitud debido principalmente al uso frecuentes de VPN (Virtual Private Network).
- Ingreso, vía formulario, de las coordenadas exactas de ubicación de los usuarios.

Figura 35.

Estructura básica Geolocalización.



Nota. Adaptado de *LT map A web-based application for the display* de Martínez, Aron, (2013, pág. 4)

Las APIs obtienen geolocalización eligiendo la alternativa de acuerdo con el orden mostrado en el párrafo anterior, por ejemplo, si no se dispone de GPS, se intenta usar Triangulación.

Tweography

Tweography es una interesante herramienta de geolocalización de tweets en un mapa, que muestra la posición de una persona el instante de emitir el Tweet, usa autenticación como medio de validación de identidad. Sin embargo, sufre una alta tasa de interrupciones, lo cual no le hace fiable, además de no tener documentación suficiente de soporte (Martínez, 2013).

Trendsmap

Trendsmap es una herramienta que permite conocer los sucesos ocurridos en tiempo real, hashtag más populares y tendencias en Twitter, dispone de un módulo de Geo ubicación basado en Google, que hace posible conocer la ubicación exacta desde donde se emiten los tweets (Shavitt & Zilberman, 2010; Weidemann, 2014). Trendsmap es similar a Google Maps, de uso sencillo e intuitivo, en la figura 36 se muestra una captura de pantalla de una aplicación que usa Trendsmap.

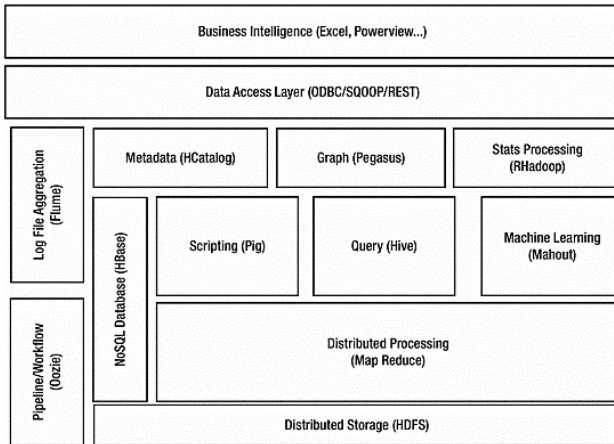
Asimismo, Hive proporciona un controlador ODBC configurable en el entorno Microsoft. En Sarkar (2014), se propone una arquitectura Hadoop MapReduce que interactúa con herramientas del tipo Office. En la figura 37 se describe la arquitectura propuesta, donde puede observarse que la capa de acceso contiene el Driver ODBC que conecta con la capa de aplicación.

De este modo, los datos de Twitter ya procesados pueden ser importados a Excel y desde ahí pueden construirse gráficos e incluso mapas, con mucha facilidad y versatilidad (PowerView, disponible en Excel versión 2013).

Hay que resaltar el hecho de que los gráficos y mapas producidos en Excel u otra herramienta tipo ofimática, son aprovechables internamente, si el requerimiento apunta a mapas interactivos publicados en la web, Trendsmap es la mejor opción.

Figura 37.

Arquitectura Hadoop – ODBC.



Nota. Adaptado de *Pro Microsoft HDInsight* de Sarkar, Debarchan , Apress (2014, pág. 128).

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica para obtener una visión general de los casos de uso de la tecnología Big Data y herramientas de código abierto en el ámbito de manejo masivo de datos obtenidos en redes sociales. Se consultaron varias bases de datos y se identificaron 30 artículos relevantes que se utilizaron para un análisis detallado siguiendo el método analítico-sintético, la muestra es no probabilística – intencional. Producto de este análisis se construyó una arquitectura tecnológica para el desarrollo de un sistema de información capaz de procesar datos masivos no estructurados y llevarlos a mapas interactivos y geolocalización.

Resultados y discusión

En este trabajo se ha presentado una arquitectura de tecnología Big Data que de manera simple permite interactuar con usuarios que hacen reclamos por defectos o mala calidad de servicios comunitarios provistos por el municipio de una ciudad. Así, a través de mapas digitales intuitivos se asocian comentarios realizados en la red Twitter y su geolocalización. Esta herramienta sería de gran utilidad para el mejoramiento de la gestión municipal, así, la respuesta a la primera cuestión planteada en este artículo queda resuelta.

Ahora bien, con respecto a la segunda cuestión planteada, de acuerdo con Korhonen, Nuur, Feldmann, & Eshetu Birkie (2017), definen la adopción de economía circular EC como contribuyente a las tres dimensiones del desarrollo sostenible: reutilizar, reciclar y reducir, y limita el flujo de materiales y energía a un nivel que la naturaleza tolera, extrayendo más valor económico de los flujos y infraestructuras existentes de la economía (Korhonen, Honkasaalo, & Seppälä, 2018). Fundamentalmente, los gobiernos locales están comprometido con tales objetivos, así, los residuos y emisiones son los causantes de la carga ambiental que deben soportar las ciudades, producto de su expansión y desarrollo inherente (Sarkis & Zhu, 2008), (Tong, Wang, Chen, & Wang, 2018). Consiguientemente, las tecnologías de la información deben apoyar el desarrollo sostenible, la innovación tecnológica desempeña un papel central en la transformación hacia la economía circular (De Jesus & Mendonça, 2018; Tura, y otros, 2019).

Así también, para la EC es importante crear valor empresarial, además de la gestión ambiental, la optimización de costos tiene un rol determinante (Park, Sarkis, & Wu, 2010; Geng, Sarkis, & Ulgiati, 2016), por ejemplo, los municipios deben dotar de agua potable apta para el consumo humano o una red de ilu-

minación comunitaria de calidad, pero no solo eso, también debe cuidar que recursos como agua o luz eléctrica no se desperdicien. En tal sentido, es imposible para el municipio gestionar el control de recursos con tal granularidad, por el contrario, un sistema de información que reciba datos de ciudadanos responsables que denuncien fugas de agua, focos de contaminación, daños o falta de mantenimiento en infraestructuras, etc., facilita la administración de la ciudad ya que la dispersión escalar de flujo de recursos (Tong, Wang, Chen, & Wang, 2018; Park, Sarkis, & Wu, 2010), quedaría resuelta mediante su geolocalización.

De esta manera, se aborda la segunda interrogante del presente estudio investigativo, indudablemente, la arquitectura tecnológica propuesta, contribuye en la transición hacia la sostenibilidad ambiental, al mejor costo posible, ya que el uso herramientas de código abierto, combinado con un diseño simple y efectivo aporta nuevas ideas para el desarrollo de aplicaciones tecnológicas dirigidas a servicios comunitarios. Sin embargo, existen desafíos latentes, los cuales no dependen exclusivamente de la tecnología, aspectos regulatorios, de confianza, culturales, descentralización y otros, deben superarse para lograr la plena adopción de la EC (Geng, Sarkis, & Ulgiati, 2016).

Conclusión

En el presente artículo, se ha hecho una revisión de técnicas y tecnologías disponibles para llevar a cabo la implementación de un sistema de información, basado en el framework Hadoop Map Reduce, que permita el monitoreo de quejas sobre servicios ejecutados por la municipalidad de Guayaquil.

Por lo tanto, el correcto suministro de servicios públicos es un asunto de vital importancia para los gobiernos seccionales ya que la calificación de su gestión y popularidad depende de ello, de este modo, los municipios necesitan conocer las necesidades no resueltas de la ciudad. Por otro lado, es imperativo llevar estadísticas de problemas de manera que puedan adoptar estrategias de mejoramiento.

Es así como la red social Twitter, constituye una oportunidad para que los gobiernos municipales de grandes urbes puedan monitorear la calidad de servicios que entregan. Sin embargo, la tarea de revisar cientos de miles de mensajes no es sencilla, más aún, si dichos mensajes no tienen estructura fija, así, se sugiere para este efecto, la tecnología Hadoop MapReduce, de código abierto y desarrollado a partir del Big Data, asociada con otros componentes, permiten analizar y compendiar datos tomados de la red Twitter.

De la misma manera, se debe evaluar coherente las opciones disponibles antes de comenzar a trabajar en la implementación. Para esto, el criterio a seguir tiene dos pilares fundamentales: primeramente, el tiempo de respuesta debe ser al menos aceptable y; segundo, la implementación debe ser simple de realizar. De nada serviría una aplicación muy sofisticada que no entregue resultados, así como tampoco una aplicación costosa en términos de mantenimiento y actualización.

Finalmente, la implementación de proyectos tecnológicos innovadores tiene el potencial de contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental. En este sentido, la arquitectura propuesta en este trabajo investigativo puede ser una herramienta valiosa para lograr este objetivo. Además, este enfoque está en línea con las dimensiones de sostenibilidad propuestas por la Comisión Europea, que abogan por la promoción de soluciones tecnológicas innovadoras y sostenibles. Al aprovechar esta oportunidad y adoptar tecnologías innovadoras, se puede avanzar hacia una economía más circular y reducir el impacto ambiental. En resumen, la implementación de la arquitectura propuesta puede contribuir de manera significativa al logro de objetivos de sostenibilidad y al mismo tiempo permitir innovación tecnológica en línea con las políticas de EC.

Como trabajo futuro se propone integrar a las redes sociales Facebook y LinkedIn en este proyecto, incorporando un módulo que ilustre sentimientos sobre la gestión y administración municipal. El uso de mapas interactivos se alinea con la tendencia de mostrar gráficamente la realidad, lo cual es una poderosa herramienta de toma de decisiones, además, al proyecto actual habría que agregarle la vídeo y fotografía o realidad aumentada.

Referencias

- Alami, D., & ElMaraghy, W. (2021). A cost benefit analysis for industry 4.0 in a job shop environment using a mixed integer linear programming model. *Journal of Manufacturing Systems*, 81-97.
- Almeer, M. (abril de 2012). Cloud Hadoop Map Reduce For Remote Sensing Image Analysis. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(4), 637-644.
- Bhoola, K., Kruger, K., Peick, J., Pio, P., & Tshabalala, N. (2014). Big Data analytics. *Actuarial Society of South Africa's 2014 Convention* (págs. 107-143). Johannesburgo: Actuarial Society 2014 Convention.

- Camargo Vega, J., Camargo Ortega, J., & Joyanes Aguilar, L. (2014). Arquitectura Tecnológica Para Big Data. *21*. Revista Científica.
- De Jesus, A., & Mendonça, S. (2018). Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the. *Ecological Economics*, 75-89.
- Gallardo, L., Bermeo, F., & Cedeño, V. (2012). Sistema de reportes y análisis sobre tendencias en la Web de la ESPOL usando Hadoop para el procesamiento masivo de los datos. Guyaquil.
- Galvéz-Peréz, J., Gómez-Torrero, B., Ramírez-Chávez, R., Sánchez-Sandoval, K., Castellanos-Cerda, V., García-Madrid, R., Villatoro-Tello, E. (Enero de 2015). Sistema automático para la clasificación de la opinión pública generada en Twitter. *Research in Computing Science* *95*, 1(1), 23-36.
- Geng, Y., Sarkis, J., & Ulgiati, S. (2016). Sustainability, well-being, and the circular economy in China and worldwide. *ResearchGate*, 76-79.
- Gil Pérez, B. (2014). TDC (Twitter Data Collection): Creación de una gran base de datos de Tweets.
- Juhasz, L. (2018). Overview of industry 4.0 tools for. *ResearchGate*, 51-71.
- Kaushik, C., & Mishra, A. (septiembre de 2014). A Scalable, lexicon based technique for sentiment analysis. *International Journal in Foundations of Computer Science & Technology*, 4(5), 35-43.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 37-46.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Eshetu Birkie, S. (2017). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 544 - 551.
- Loganathan, A., Sinha, A., Muthuramakrishnan, V., & Natarajan, S. (julio de 2014). A Systematic Approach to Big Data. *International Journal of Information & Computation Technology*, 4(9), 869-878.
- Mahalakshmi, R., & Suseela, S. (abril de 2015). Big-SoSA: Social Sentiment Analysis and Data. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(4), 304-306.
- Maltby, D. (octubre de 2011). Big Data Analytics. *ASIST* *2011*, 9(13), 1-6.
- Martinez, A. (2013). LT map A web-based application for the display.

- Nurfadhlina , M. (agosto de 2014). A Review of Sentiment Analysis Approaches in Big Data Era. *University of Putra Malaysia*, 13(1), 7-12.
- Park, J., Sarkis, J., & Wu, Z. (2010). Creating Integrated Business and Environmental Value within the Context of China's Circular Economy and Ecological Modernization. *Journal of Cleaner Production*, 1494-1501.
- Puyol Moreno, J. (julio de 2014). Una aproximación a Big Data. *Revista de Derecho UNED*, 1(14), 471-505.
- Ramesh , R., Divya , G., Divya , D., Kurian, M., & Vishnuprabha , V. (abril de 2015). Big Data Sentiment Analysis using Hadoop. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 1(11), 92-96.
- Rathee, S. (Noviembre de 2013). Big Data and Hadoop with components like Flume, Pig, Hive and Jaql. *International Conference on Cloud, Big Data and Trust 2013*, 13(15), 78-82.
- Sarkar, D. (2014). *Pro Microsoft HDInsight*. Bangalore, India, Bangalore, India: Apress.
- Sarkis, J., & Zhu, H. (2008). Information technology and systems in China's circular economy: Implications for Sustainability. *Journal of Systems and Information Technology* , 1-41.
- Shavitt, Y., & Zilberman, N. (julio de 2010). A Study of Geolocation Databases. *IEEE Explore*, 29(10), 1-14.
- Tong, X., Wang, T., Chen, Y., & Wang, Y. (2018). Towards an inclusive circular economy: Quantifying the spatial flows of e-waste through the informal sector in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 163-171.
- Tura, N., Hanski, J., Ahola, T., Ståhle, M., Piiparinen, S., & Valkokari, P. (2019). Unlocking circular business: A framework of barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, 90-98.
- Weidemann, C. (2014). Geosocialfootprint(2013):social media location privacy web map. California.
- Zander, S. (mayo de 2012). How Accurate is IP Geolocation Based on IP. *Centre for Advanced Internet Architectures, Technical Report*, 2-5.
- Zhang , W., & Gelernter, J. (junio de 2014). Geocoding location expressions in Twitter messages: A preference learning method. *JOURNAL OF SPATIAL INFORMATION SCIENCE*, 9(9), 37-70.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

9

Análisis de factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante un sistema eólico – solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.

Raúl Gustavo Mata Muñoz

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
raul.matam@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6365-6806>

David Alejandro Del Pino Moreira

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
david.delpinom@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-5024-6339>

Alexis Miguel Velásquez Jama

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
alexis.velasquezj@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2883-9022>



Resumen

La búsqueda de fuentes de energía renovable es uno de los desafíos más grandes que enfrentan las diferentes economías alrededor del mundo. Tanto por la amenaza de la escasez de combustibles fósiles, como por el impacto ambiental generado; los países invierten grandes cantidades en investigación para el desarrollo de fuentes alternas de energía, amigables con el ambiente. En este sentido, la tecnología de sistemas híbridos eólicos – solares fotovoltaicos para generación de energía eléctrica, ya se ha implementado en muchos lugares alrededor del mundo. En este proyecto, se presenta un estudio para determinar la factibilidad para implementar el mencionado sistema híbrido, para generación de energía eléctrica, en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil en Ecuador. Para el efecto, se aplicó una metodología holística que incluyó un análisis cualitativo, basado en revisión documental; así como un análisis cuantitativo, para determinar la demanda insatisfecha de energía eléctrica en el lugar de incidencia. Los resultados fueron favorables para el desarrollo del proyecto, y esta tesis presenta una propuesta de implementación de una torre con sistema híbrido eólico - solar fotovoltaico, para satisfacer la mencionada demanda. El autor concluye que el impacto generado por la implementación de la torre es positivo en términos económicos, ambientales y sociales.

Palabras clave: Energía Renovable, Sistema Híbrido, Sistema Eólico, Sistema Solar Fotovoltaico.

Abstract

The search for renewable energy sources is one of the biggest challenges facing the different economies around the world. Both because of the threat of the scarcity of fossil fuels, and because of the environmental impact generated; countries invest large amounts in research for the development of alternative sources of energy, friendly to the environment. In this sense, the technology of hybrid wind-solar photovoltaic systems for electricity generation has already been implemented in many places around the world. In this project, a study is presented to determine the feasibility to implement the aforementioned hybrid system, for the generation of electrical energy, in the Faculty of Industrial Engineering of the University of Guayaquil in Ecuador. For this purpose, a holistic methodology was applied that included a qualitative analysis, based on documentary review; as well as a quantitative analysis, to determine the unsatisfied demand for electrical energy in the place of incidence. The results were favorable for the development of the project, and this thesis presents a proposal for

the implementation of a tower with a hybrid wind - solar photovoltaic system, to satisfy the aforementioned demand. The author concludes that the impact generated by the implementation of the tower is positive in economic, environmental and social terms.

Keywords: Renewable Energy, Hybrid System, Wind System, Photovoltaic Solar System.

Introducción

La generación y uso de energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de los pueblos y comunidades en la actualidad. Sus aplicaciones son numerosas, sin embargo, no sólo presentan ventajas, sino las desventajas consecuentes de la utilización de combustibles fósiles para su generación. El petróleo, carbón y gas natural dominan el mercado de la energía y aportan más del 80% de la producción de esta (Ponce, García, Caberta, & Valenzuela, 2014).

Con una tendencia mundial orientada a encontrar fuentes de creación de energías renovables que sean amigables con el planeta y el ecosistema en general, la generación de energía eléctrica a través de fuentes alternativas constituye un desafío en los tiempos actuales. En este sentido, la energía eólica es la segunda fuente de energía renovable más utilizada en el mundo, después de la energía hidroeléctrica (Henaó, Báez, & Pedroza, 2018), y seguido se sitúa la solar fotovoltaica. La utilización de la energía eólica se ha aplicado, principalmente, a comunidades pequeñas que no cuentan con el suministro eléctrico.

La generación de energía eléctrica a través de recursos renovables tiene múltiples ventajas. Entre ellas se puede mencionar a la disminución o eliminación de emisiones, bajos precios de producción y sostenibilidad del sistema. Esto colabora también indirectamente a la reducción de uso de recursos de los estados destinados a la generación del suministro; recursos que pueden utilizarse con otros objetivos sociales de incentivo al crecimiento económico o desarrollo social.

Los paneles fotovoltaicos pueden definirse como sistemas integrados por módulos de celdas que convierten la radiación solar en energía eléctrica. Las celdas que componen estos paneles están elaboradas con material semiconductor que se unen a contactos de metal. Los componentes de un panel fotovoltaico son: cubierta externa, capas encapsulantes, células fotovoltaicas y protección posterior (Mikati, Santos & Armenta, 2012).

Por otro lado, la energía eólica es una fuente de energía renovable que se genera por la fuerza del viento. Se la utiliza para la generación de energía eléctrica y requiere de aerogeneradores para su funcionamiento. Es una de las fuentes de energía renovable más antiguas utilizada por el ser humano.

Un sistema híbrido es aquel que permite combinar dos tipos de energía. Un sistema híbrido eólico – solar, es aquel que permite utilizar la radiación solar y la fuerza del viento para la generación de energía eléctrica. Este tipo de sistemas está compuesto por módulos fotovoltaicos y aerogeneradores que permiten captar la energía. Son importantes debido a que las horas y temporadas del año en que se produce mayor cantidad de energía eólica y solar son distintas, por tanto, los sistemas híbridos pueden utilizarse en cualquier momento. Si por alguna razón no existe energía solar o eólica para que funcione el sistema, también suelen tener generadores o baterías (Schallenberg *et al.*, 2008).

La Universidad de Guayaquil es una institución de educación superior pública, localizada en la ciudad de Guayaquil que cuenta con 18 facultades que ofertan 48 carreras de pregrado y cuenta con 6 extensiones universitarias en la región litoral del país. Al respecto, la Facultad de Ingeniería Industrial tiene entre sus múltiples objetivos la generación del conocimiento y desarrollo de modelos innovadores de gestión de recursos en beneficio de la comunidad universitaria y la sociedad en su conjunto. Por este motivo, este trabajo, orientado a diseñar e implementar una alternativa de generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, toma particular importancia.

El objetivo final de este trabajo es diseñar e implementar un sistema eólico – solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica que alimente el corredor central, parque lateral, aulas y áreas sociales de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. Para el efecto, se plantearon los siguientes objetivos específicos: i) Sintetizar los fundamentos teóricos y estado del arte de la energía eléctrica a través de sistemas híbridos eólicos – solares fotovoltaicos; ii) Elaborar un estudio técnico para la implementación de torre de sistemas eólicos - solares fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica; y, iii) Desarrollar un modelo de factibilidad económica para la generación de energía eléctrica a través de un sistema eólico - solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil.

Materiales y métodos

El método racional de análisis se utiliza para obtener información en fenómenos que no pueden comprobarse a través de métodos experimentales. En este sentido, el proyecto presentado es susceptible a un método racional, debido a que no puede realizarse un experimento sobre la instalación de sistemas híbridos eólicos – solares y su efecto; sin embargo, es racional suponer que la generación de energía eléctrica por fuentes naturales colabora no sólo en el abastecimiento de energía para la facultad de ingeniería industrial de la Universidad de Guayaquil, sino que aporta a la conservación del medio ambiente.

El nivel de la investigación de campo es descriptivo. Los datos que se recolectan se basan en el nivel de matriculación actual y está limitado por la emergencia sanitaria que rige en el país. La investigación tiene un enfoque cuantitativo. El estudio constituye una investigación deductiva, de tipo cuantitativa, descriptiva.

Dadas las condiciones de distanciamiento social, los datos se recolectaron a través de encuestas en línea. El instrumento de recolección de datos se orienta a determinar el uso que tendría el sistema de generación de energía en el campus de análisis.

La población de estudio para esta investigación son los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. Para determinar el tamaño muestral se plantea la fórmula de tamaño de la muestra para estimación de una proporción en una población finita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{Z^2 * p * q + e^2 * (N - 1)}$$

Donde, Z es el estadístico de una distribución normal estándar con media 0 y varianza 1. Toma el valor de 1,96 para un 95% de confianza; p es la probabilidad de éxito y se asume en 50%; q es la probabilidad de fracaso; N es el tamaño de la población que para este estudio corresponde a 3.881 estudiantes en el período de análisis. Finalmente, e corresponde al error máximo permitido por el investigador. En este estudio toma el valor de 0.05. El tamaño resultante de la muestra es de 350 observaciones.

Para el trabajo de campo se envió un cuestionario vía internet a la base total de estudiantes, se obtuvo respuesta de 350 para poder sacar conclusio-

nes sobre la población. Las variables consultadas fueron: Frecuencia de uso de tomacorrientes de la facultad para celulares, computadores portátiles o tablets; horas promedio de uso al día; y, disponibilidad de tomacorrientes en el campus.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12.

Resumen de resultados de las encuestas.

Variable	Frecuencia	Frecuencia relativa
Número de encuestados	350	100%
Uso de tomacorrientes de la universidad con frecuencia diaria.	283	81%
Horas promedio diarias de uso (De 1 a 2 horas)	123	35%
Disponibilidad de tomacorrientes en el campus: Insuficientes	213	61%
Encuestados que no estarían dispuestos a pagar por el sistema (valoración)	288	82%

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados de la investigación de campo. Para su presentación se utilizan estadísticas descriptivas a través de frecuencias absolutas, frecuencias relativas y gráficos de barras.

Tabla 13.

Clasificación de la muestra por género.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R.
Masculino	157	44,86%
Femenino	193	55,14%
Total, general	350	100,00%

Como se observa en la tabla 13, se encuestaron 350 personas entre estudiantes, docentes, administrativos y otro personal de la universidad. Aproximadamente un 45% pertenece a género masculino y un 55% a género femenino; por tanto, se puede concluir que se cumple con principios de equidad de género para la obtención de la información al respecto del proyecto.

Al respecto de la relación de los encuestados con la universidad, la información se presenta en la tabla 14.

Tabla 14.

Grupos de entrevistados.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R.
Estudiante	288	82,29%
Docente	27	7,71%
Administrativo	21	6,00%
Otro	14	4,00%
Total, general	350	100,00%

Según se muestra en la información, de cada 5 encuestados cuatro tenían la calidad de estudiantes; convirtiéndose así en el grupo más grande de la muestra. Los otros tres grupos se encuentran relativamente cercanos en representación acorde a los porcentajes obtenidos. Así, los docentes corresponden al 7,7%, los administrativos al 6% y otros con el 4%.

Tabla 15.

Edad de los encuestados.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R.
Menos de 20	133	38,00%
Entre 20 y 30	142	40,57%
Entre 30 y 40	38	10,86%
Más de 40	37	10,57%
Total, general	350	100,00%

Los datos muestran que la mayoría de los encuestados se encuentran por debajo de los 30 años. Este grupo se separa en 2: menores de 20 y de 20 a 30 años. Ambos subgrupos presentan un porcentaje similar, lo cual se justifica en los primeros años de universidad en los cuales los estudiantes oscilan entre 17 y 19 años. Los grupos que recogen a personal entre 30 y 40 años, así como personas de más de 40 años; corresponden al 10% de la muestra cada uno.

A partir de la tabla 16 se muestran las respuestas que corresponden al uso de tomacorrientes en la universidad. No se consultó a los encuestados el uso que le deban a dichos tomacorrientes, sin embargo, se conoce que en su mayoría se utilizan para carga de dispositivos celulares.

Tabla 16.

Frecuencia de uso de tomacorrientes de la institución.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R
Todos los días	220	62,86%
Frecuentemente	117	33,43%
Rara vez	10	2,86%
Nunca	3	0,86%
Total, general	350	100,00%

Los datos muestran el comportamiento de uso de tomacorrientes de la facultad caso de estudio. Las estadísticas señalan un uso constante de los tomacorrientes. El 63% de los encuestados indica que usan los tomacorrientes con frecuencia diaria, mientras que el 33% señala que lo hace con frecuencia.

Ciertamente la palabra frecuente puede resultar ambigua en cuanto al uso que les da el personal a los tomacorrientes, no obstante, los datos dejan en claro la importancia de dichos tomacorrientes para estudiantes, docentes y personal en general. Por tal motivo, la siguiente pregunta en la investigación estuvo orientada a determinar la cantidad de horas que se utilizan los tomacorrientes. Esta información es base para determinar la demanda potencial de uso de energía eléctrica que puede satisfacer el sistema de generación de energía.

Tabla 17.

Tiempo de uso de los tomacorrientes por cada ocasión.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R.
Menos de 1 hora	150	42,86%
Entre 1 y 2 horas	164	46,86%
Entre 2 y 4 horas	30	8,57%
Más de 4 horas	6	1,71%
Total, general	350	100,00%

Como se presenta en la tabla 17, así como la mayoría de los encuestados señaló un uso diario de los tomacorrientes, cerca del 90% señala que su uso se da hasta dos horas. El 43%, específicamente, indica que el uso de menor a una hora. Por tanto, se puede concluir en la importancia de la disponibilidad de los tomacorrientes debido a una demanda con alta frecuencia y poco tiempo de uso.

Una vez que se investigó sobre la frecuencia de uso y tiempo de uso de los tomacorrientes, se consultó a los encuestados sobre su percepción al respecto del número de tomacorrientes disponibles en la facultad. Los resultados validan una hipótesis previa del investigador: debido a la frecuencia de uso de los tomacorrientes y al tiempo de uso de estos, la cantidad de tomacorrientes disponibles se percibe como insuficiente.

Con la información obtenida se procedió a la estimación de la valoración contingente. Una valoración contingente permite la estimación de una curva de demanda a través de la disponibilidad a pagar reportada por un servicio hipotético que no existe y que probablemente no existirá. La importancia de su uso es conocer la rentabilidad social de un proyecto. Este tipo de análisis es muy utilizado en proyectos ambientales. En este sentido, se consultó a los encuestados si estuviesen dispuestos a pagar un valor para que se incremente el número de tomacorrientes en la facultad.

Tabla 18.

Disposición a pagar.

Etiquetas de fila	Frecuencia	Frecuencia R.
Si	31	8,86%
No	319	91,14%
Total, general	350	100,00%

La tabla 18 muestra los resultados de la disponibilidad a pagar, sin embargo se deben reconocer los siguientes puntos: i) la Universidad de Gyaquil es una institución pública por lo que los estudiantes no tienen valores a cancelar por su educación, por tanto, considerar valores a pagar para uso de tomacorrientes es una concepción fuera del ámbito natural del personal; ii) una mayor disponibilidad de tomacorrientes, no garantiza la disponibilidad inmediata para cuando cada persona necesite usar uno, puesto que no existe reserva de los mismos.

Los resultados muestran que un 90% de los encuestados no estaría dispuesto a pagar por este servicio. Por tanto, se evidencia el uso del recurso y la importancia de este, pero el personal asume que esto es responsabilidad de la institución y no existe necesidad de una inversión privada para ello.

Independientemente del número de encuestados que respondió que no estaría dispuesto a pagar, se obtuvo la estadística descriptiva con aquellos que respondieron que si estuviesen dispuestos a cancelar. El valor promedio

que las personas estarían dispuestas a pagar por el sistema de energía renovable que permita el incremento de tomacorrientes en la facultad se ubica entre \$2.83 y \$3 mensuales. Si este valor se multiplica por el número de personas que usan los tomacorrientes, se obtendría el impacto social del proyecto.

Conclusión

Una vez expuestos los resultados de la investigación, en este apartado se exponen las conclusiones generales del estudio. El objetivo inicial planteado por los investigadores es desarrollar un modelo de factibilidad técnico económico para la generación de energía eléctrica, mediante la implementación de un sistema eólico - solar fotovoltaico, para el ahorro económico y la sustentabilidad. Para el cumplimiento de dicho objetivo, se habían planteado objetivos específicos que se han abordado a lo largo del estudio.

El primer objetivo específico consistió en sintetizar los fundamentos teóricos y estado del arte de la energía eléctrica a través de sistemas híbridos eólicos – solares fotovoltaicos. Al respecto, se consultaron estudios previos sobre la implementación de sistemas híbridos y el impacto que habían generado. La literatura muestra un impacto positivo en términos económicos y ambientales en los casos previos. Así mismo, se presentó la información teórica referente a paneles solares y sistemas eólicos, lo cual permitirá el desarrollo posterior de la parte técnica en los resultados.

Finalmente, los investigadores se proponen desarrollar un modelo de factibilidad económica para la generación de energía eléctrica a través de un sistema eólico - solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil. Este objetivo se cumplió en dos partes dentro de los resultados. En la parte técnica se pueden observar los cálculos en cuanto a consumo y costo de materiales se requiere; mientras que en el estudio de mercado se puede identificar la demanda insatisfecha que existe de tomacorrientes y energía dentro de la zona de incidencia. Si bien la pregunta de valoración contingente muestra que los consumidores no están dispuestos a pagar por este servicio por tratarse de una institución pública, las otras preguntas muestran que existe la necesidad de mayor generación de energía y bajo costo. Por tanto, el desarrollo del proyecto es factible.

Conflictos de intereses

Los autores no refieren conflictos de intereses.

Referencias

- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Islas Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A.
- Mikati, M., Santos, M., & Armenta, C. (2012). *Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 9, 267 - 281.
- Ponce, C., García, L., Caberta, R., & Valenzuela, R. (2014). *Diseño de un sistema Híbrido Eólico Solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua*. CULCyT N° 54, 46 - 62.
- Muñoz, J., Chávez, F., Boza, J., & Tachong, L. (2016). *Determinación de áreas óptimas para instalaciones de energía solar y eólica en el cantón Quevedo, aplicando sistemas de información geográfica*. Revista caribeña de Ciencias Sociales, 1 - 19.
- Henao, D., Báez, A., & Pedroza, J. (2018). *Methodology to determine the feasibility of generating electric power through the wind resource*. Revista Investigación e Innovación en Ingenierías Vol 6 N°2, 1 - 9.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema 10

Modelo de economía circular para reutilización
del agua residual en empresas del sector CIU
C-1701.05.

Luis Antonio Chica Castro

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
luis.chicac@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-5852-1832>

Erwin Joaquín Murillo López

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
erwin.murillo@ug.edu.ec
<https://orcid.org/orcid=0000-0002-5350-5008>

Víctor Hugo Garofalo Largo

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
victor.garofalol@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4259-6573>



Resumen

La economía circular es un modelo novedoso que puede contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), motivo por el cual, se planteó el objetivo de diseñar un modelo de economía circular para reutilización del agua residual en empresas del sector CIIU C-1701.05 en Ecuador. Para el efecto, se aplicó la metodología cuantitativa, descriptiva, para caracterizar a la industria del papel, así como para indicar las ventajas del uso de sistemas de tratamiento que puedan minimizar el consumo de agua potable. Los resultados evidenciaron que, las PYMES y microempresas participaron con 80% de las fábricas de papel, no obstante, la gran empresa es la más contaminante, al requerir consumos elevados de fibra virgen proveniente de árboles, energía eléctrica, aditivos químicos y agua en niveles de 30-33 m³ por cada tonelada de papel fabricado, generando grave problema al ecosistema, oponiéndose a los principios de sostenibilidad y ecoeficiencia industrial, lo que se verificó porque los parámetros de aguas residuales, superaron 3-4 veces, los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 97. El modelo de economía circular, con la inclusión de sistemas de tratamiento de aguas de cero vertidos, para reutilizar agua y utilización de papel reciclado en vez de material virgen, redujeron consumo de agua en proceso del papel, en 85%-90%, reduciendo los niveles de DBO-DQO, sólidos totales-suspendidos, en márgenes del 70%-80% que, se encontraron dentro de límites máximos fijados por Acuerdo Ministerial 97. En conclusión, el modelo de economía circular contribuye a la reducción de contaminación en sector productivo CIIU C-1701.05.

Palabras clave: Modelo, Economía, Circular, Agua, Residual, Industrial, Papel.

Abstract

The circular economy is a novel model that can contribute to the fulfillment of the sustainable development goals (SDGs), which is why the objective of designing a circular economy model for the reuse of wastewater in companies in the ISIC C-sector was set. 1701.05 in Ecuador. For this purpose, the quantitative, descriptive methodology was applied to characterize the paper industry, as well as to indicate the advantages of using treatment systems that can minimize the consumption of drinking water. The results showed that SMEs and microenterprises participated with 80% of the paper mills, however, the large company is the most polluting, requiring high consumption of virgin fiber from trees, electricity, chemical additives and water at levels of 30-33 m³ for each ton of paper manufactured, creating a serious problem for the ecosystem, oppo-

sing the principles of sustainability and industrial eco-efficiency, which was verified because the wastewater parameters exceeded 3-4 times the permissible limits of the Agreement Ministerial 97. The circular economy model, with the inclusion of zero discharge water treatment systems, to reuse water and the use of recycled paper instead of virgin material, reduced water consumption in the paper process by 85%- 90 %, reducing the levels of BOD-COD, total-suspended solids, in margins of 70%-80%, which were found within the maximum limits set by Ministerial Agreement 97. In conclusion, the circular economy model contributes to the reduction of pollution in the productive sector ISIC C-1701.05.

Keywords: Model, Economy, Circular, Water, Residual, Industrial, Paper.

Introducción

La Agenda de Desarrollo Sostenible presentada por la Organización de las Naciones Unidas (2023) en el año 2015, que se espera cumplir totalmente hasta el 2030, destaca la necesidad de proteger los recursos naturales, especialmente los no renovables, como es el caso del agua, el cual está indicado directamente en el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 6, donde se pone de manifiesto la importancia de contar agua limpia y segura, sin embargo, en los ODS 7, 9, 11, 12, 13, 14 y 15, donde se hace referencia a la producción sostenible, así como a la protección de los océanos y de las especies marinas.

Los datos sobre la industria del papel son relevadores, porque ponen de manifiesto la gravedad del problema del uso del agua en la industria del papel, indicando que, en Estados Unidos, con uno de los sistemas productivos más grandes de la región, se necesita un promedio de 54 m³, para la fabricación de una tonelada de pulpa o de algún producto papelerero. El informe es más preocupante, cuando se señala que el 85% del agua de proceso utilizada en este tipo de industrias, se encuentra contaminada (Vidal Daza & Perez Vidal, 2018).

La contaminación del agua utilizada en el procesamiento de las materias primas para la producción de papel, es causada por el contacto que tiene con fibras vegetales de madera que, contienen lignina y taninos, a lo que se añaden la presencia de aditivos químicos que también se emplean con insumos en el proceso productivo en mención, entre los más relevantes se mencionan a los fenoles, dioxinas y furanos, los cuales a su vez, contienen sustancias tóxicas para los ríos, mares y cuerpos de agua, como es el caso del cloro, el peróxido de hidrógeno y otros (Latorre, 2005).

Por ello, en España, según Aedo & Ferrer (2022), se ha tomado la política de vigilar la reducción del consumo de agua, una materia prima vital para enlazar las fibras de papel con todas las fases del proceso productivo, para lo cual, fomentó entre los empresarios de este sector, la disminución del agua de proceso, logrando un decrecimiento del 40% en el uso de esta materia prima, a pesar de un crecimiento del 68% en la producción de pasta de papel, en un lapso de tiempo de 16 años.

La necesidad de reutilizar el agua es imperiosa, debido a que, se trata de un elemento abiótico no renovable e indispensable para la vida. Por este motivo, las industrias papeleras a nivel de Latinoamérica, están gestionando una mayor reducción del agua de procesos en estos procesos productivos, exponiéndose según un reporte de la Cámara de Producción de Colombia, donde afirmó que las empresas fabricantes de papel, pudieron reducir el indicador de m^3 de agua por tonelada producida, el cual pasó de $36 m^3/t$ a $30 m^3/t$, del 2010 al 2020, a pesar de ello, aún falta mucho por hacer para enfrentar adecuadamente esta problemática (García Valero, 2022).

De esta manera, surgió la idea para plasmar la problemática del consumo y contaminación del agua en el proceso de la industria del papel, especialmente aquella que se encuentra codificada en el sector del CIU C-1701.05, el cual pertenece a la fabricación de papel periódico o aquel utilizado para la escritura, impresión, que es uno de los más utilizados por los usuarios ecuatorianos, por su alta demanda en el mercado local y nacional (INEC, 2012).

La investigación concita el interés de la comunidad de ingenieros industriales y expertos en sistemas productivos, quienes aspiran a contar con mayores materiales teóricos de referencia, para contribuir a generar soluciones en un sector industrial que produce alta contaminación al agua y donde es necesaria su reutilización, aplicando los principios de la economía circular, cuyo modelo, según Chaves Ávila & Monzón Campos (2018), pretende establecer una conexión entre estos procesos industriales o artificiales, con aquel que realiza la naturaleza, cuando toma los residuos que generan las especies vegetales y animales que, cumplen una función determinada por la naturaleza y los utiliza en otros procesos necesarios para la conservación de las especies.

Sin duda alguna, la presente investigación tiene importancia metodológica, porque aplica una de las herramientas más importantes en la actualidad, como es la economía circular que, puede contribuir con la reutilización de las aguas residuales que se expulsan de los procesos de elaboración del papel periódico y bond, para volverlos a utilizar en las actividades industriales, como

materia prima reciclada, claro está, después de pasar por un tratamiento que separa las substancias contaminantes del líquido vital.

Por este motivo, la elaboración de este artículo, además de beneficiar a los expertos, profesionales y estudiantes de Ingeniería Industrial y carreras afines, al entregarles un cuerpo teórico de gran relevancia para la continuidad de estudios que definen soluciones en el ámbito de la industria del papel, también aspira a fomentar la toma de conciencia sobre la implementación de los principios de sostenibilidad ambiental en los sistemas productivos, en especial, en esta industria que es altamente contaminante, por requerir grandes cantidades de agua y energía.

Para justificar en teoría, el desarrollo de este estudio, se ha descrito un estado del arte donde se detallan algunos referentes teóricos que pueden servir para la fundamentación del mismo, como se expone seguido:

Se tomó la investigación de Aedo & Ferrer (2022), quienes manifestaron que, tanto en España como en Perú, existe la necesidad de minimizar la expulsión de aguas residuales al ambiente, razón, por la cual, en el país europeo, se redujo en 6 m³ de agua por tonelada de pulpa de papel, los requerimientos de esta materia prima para el proceso de la industria papelera, desde el 2010 al 2020, mientras que, Perú le sigue los pasos a España, obteniendo una reducción de 2 m³/tonelada, en lo relacionado al agua residual que se expulsa de las fábricas de papel.

También se revisó la investigación de Báez (2018), quien consideró elevada la contaminación existente en el Arroyo del Gato de la ciudad de La Plata, especialmente en su orilla, porque en este cuerpo de agua, no solo se vierten las aguas residuales, sino que, además, se depositan ciertos desechos sólidos, siendo las empresas papeleras uno de los principales sectores productivos responsables de este impacto ambiental negativo. No obstante, como paradoja, un emprendimiento que utiliza el papel reciclado como material, para tratar de minimizar la contaminación en el lugar, es cuestionado como uno de los causantes de este impacto.

Otra investigación revisada, fue realizada en Cartagena, Colombia por García Valero (2022), en donde se pudo conocer que, las industrias papeleras, curtiembres, de minas, de purines de cerdo, entre otras, se encuentran entre las que mayor contaminación emiten a los cuerpos hídricos receptores, razón por la cual, propuso la reutilización de las aguas contaminadas, utilizando tratamientos bioquímicos y físicos, con costos accesibles para los pequeños

y medianos empresarios, para remediar el impacto ambiental generado por estas actividades productivas, en esta localidad latinoamericana.

Mientras tanto, en el plano nacional, se revisó el estudio de Bravo Cordero (2023), quienes consideraron la propuesta para la utilización del agua lluvia captada en las empresas que fabrican papel, para procesar el papel reciclado y elaborar diversos productos, de esta manera, no solo se minimizó el consumo de agua potable, sino que, se aprovechó un recurso que proviene de la naturaleza, el cual tiene similar pH que el agua potable (6,6) y menor cantidad de sólidos (de 59 a 54 mg/l). Además de trabajar con tratamientos de las aguas residuales, para continuar aprovechando el agua lluvia que se recoge desde los techos de la propia empresa y darle un enfoque de sostenibilidad a este proceso productivo, que tuvo a la economía circular como su gran pilar.

Como se ha podido apreciar en estos referentes, el enfoque en economía circular, puede direccionar al uso de aguas lluvias y de tratamientos biofísico-químicos, adecuados en las plantas de producción de papel periódico o bond, para reducir los niveles de contaminación que se pueden generar en esta industria, que tiene un elevado consumo del líquido vital y de expulsión de aguas residuales vertidas al exterior.

Con base en estos antecedentes y en el problema descrito, se planteó como objetivo del trabajo investigativo, diseñar un modelo de economía circular para reutilización del agua residual en empresas del sector CIUU C-1701.05 en el Ecuador, para lo cual, se requiere describir las características de las empresas papeleras y posteriormente, señalar los mecanismos necesarios para la reutilización del agua residual en estas organizaciones, fiel al modelo de economía circular.

Economía circular

La economía circular constituye una alternativa viable al agotamiento de los recursos, porque trata de mantener las materias primas, por una mayor cantidad de tiempo disponible, adisposición de los procesos productivos, de modo que, se reduzca el despilfarro, es decir, se pueda aprovechar al máximo los recursos, reduciendo su consumo en la naturaleza y disminuyendo el impacto ambiental que ocasionan estos residuos, cuando son expulsados por las industrias al exterior, en calidad de contaminantes (Graziani, 2018).

En el contexto empresarial, el modelo de la economía circular se está llevando a cabo, mediante la reutilización del agua y los recursos energéticos, así como el reciclaje del desperdicio, especialmente de plástico, papel, caucho, entre otros materiales reciclables, lo que genera como consecuencia la

prolongación del ciclo de vida de los productos, para evitar extraer materias primas de la naturaleza y socavar en mayor medida los recursos no renovables (Garabiza *et al.*, 2021).

Cabe destacar que, en la naturaleza, el desperdicio de una especie vegetal o animal, constituye la materia prima para otro proceso que generará un beneficio para otras especies, de esta manera, la muerte de un animal cualquiera o la caída de las hojas, ramas y frutos de los árboles, genera un desperdicio que es aprovechado por la tierra, porque absorbe los minerales de estos residuos y los vuelve a utilizar en beneficio de la alimentación de las plantas, por ejemplo (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

Por este motivo, según Arinas (2018), el principal beneficio que tiene la economía circular, está asociado a la preservación de los recursos naturales, sin embargo, también genera bienestar a las empresas, quienes pueden ahorrar recursos económicos, al reutilizar materias primas recicladas y/o reutilizadas que, no necesitan comprar nuevamente.

Bajo estas concepciones y beneficios que ofrece la economía circular, se planteó el estudio para la propuesta de un modelo de economía circular que, contribuya a la reutilización del agua residual, en las compañías ecuatorianas dedicadas a la manufactura de papel periódico y bond, para cumplir con el objetivo principal del estudio.

Parámetros del agua residual en la industria del papel

Reconociendo que la industria de papel es generadora de contaminación del agua de procesos, por ello, García Velásquez (2019) realizó un análisis del agua residual, en cuatro puntos de la producción de papel que, fueron la circulación M1, gris, Top y TK voltrax, donde se pudo conocer que las variables pH, temperatura y sólidos suspendidos, se encontraban por encima de los parámetros normales de 6-7, 30°C y 1.600 mg/L, respectivamente. Por ello, a través del tratamiento primario de estas aguas residuales, aplicando dosis de 20 a 320 mg/l de coagulante y 100 a 3.100 mg/l de floculantes, se pudo reducir en un 60% los parámetros pH, temperatura y sólidos suspendidos, removiendo los desechos sólidos que se encontraban en el agua residual.

La industria del papel contamina el agua, motivo por el cual el líquido vital que es expulsado en calidad de agua residual, proveniente de los procesos de las fábricas pertenecientes a este sector manufacturero, al ser medido por Merizalde *et al.* (2019), se pudo notar que todos sus parámetros se encontraban fuera de los límites permisibles por las normativas vigentes en el Ecuador, que hace referencia al Decreto 3516, Acuerdo Ministerial 97 del Ministerio

del Ambiente (2015). En este caso, la demanda bioquímica de oxígeno se encontraba en 980,2 mg/L, y la demanda química de oxígeno estaba en 1707, cuando la norma nacional solo acepta 250 DBO y 500 DQO, respectivamente. Además, los sólidos totales y suspendidos sumaron 6.350 y 4.591 mg/l, cifras superiores a 1.600 y 220 mg/l. El tratamiento de aguas residuales propuesto en este caso, pudo reducir estos parámetros de DQO y DBO en 70% y los de sólidos totales y suspendidos en 90%, para ajustarlos a la norma nacional.

Con estos estudios, se puede establecer la contaminación que generan los aditivos químicos y las materias primas provenientes de la pulpa de los árboles, en el agua residual, en donde el análisis de las mismas demostró que, todos los parámetros de estos residuos, se encontraban fuera de los parámetros permisibles por la legislación vigente en cada país considerado, no obstante, también se evidenció que la aplicación de los métodos para el tratamiento de estas aguas residuales, contribuyó a minimizar el nivel de contaminación ambiental, para que el agua pueda ser reutilizada en los procesos de producción de papel y se pueda cumplir con el modelo de economía circular.

La economía circular en la industria del papel

En el caso de la industria papelera, Fraga (2017) manifiesta que, la economía circular se está utilizando para la creación de modelos que fomenten la sostenibilidad, a través del uso de papel reciclado, cuyo propósito consiste en reducir la cantidad de árboles que deben talarse para contar con la materia prima para la producción de pulpa de papel.

Además, la industria papelera requiere grandes cantidades de agua para la producción de diversas gamas y tipos de papeles, por ello, la aplicación del modelo de la economía circular en este sector productivo, debe propiciar la reducción del agua de los procesos industriales para fabricación de sus subproductos, por medio del tratamiento de las mismas y el uso de aguas lluvias que después de transformarse en residual, deben ser debidamente tratadas (Melgarejo, 2019).

La replicación del modelo mediante el cual se pueden reutilizar los residuos que generan los procesos de la industria del papel periódico o bond, es esencial para garantizar su sostenibilidad y sujetarse a la legislación vigente en materia ambiental, para mantener continuidad en las operaciones productivas y maximizar sus niveles de productividad y competitividad en el sector económico en que se encuentra (Porcelli & Martínez, 2018).

En efecto, la economía circular se cumple porque los métodos para el tratamiento de las aguas residuales, deben tener una consecuencia positiva en

la minimización de los contaminantes que contienen los mismos al ser expulsados del proceso para la producción de papel periódico o bond, de modo que, el agua puede ser reutilizada de manera cíclica, para minimizar el consumo del mismo y conservar este recurso renovable, evitando inclusive, la contaminación de los cuerpos hídricos receptores que se encuentran en las laderas donde funcionan las fábricas papeleras.

Materiales y métodos

Se destaca que la metodología aplicada en la presente investigación es de tipo descriptivo, que según Alban *et al.* (2020), caracteriza a las principales variables del estudio. Se escogió la descripción, porque entre sus resultados, trata de caracterizar a las empresas papeleras que funcionan a nivel nacional, las cuales no son muchas en cantidad, pero por su gran tamaño, pueden causar elevados niveles de contaminación al ambiente, indicando los desechos contaminantes que genera.

Además, se emplea un estudio cuali-cuantitativo, porque según Soto (2020) para algunos autores, la cooperación internacional es un factor de prestigio para las instituciones universitarias, mientras que los críticos de una abierta política de internacionalización (norte-sur, este expresa resultados numéricos, en parámetros, así como la profundización de estos hallazgos, para una mejor comprensión de los mismos, vía triangulación metodológica. En efecto, los parámetros cuantitativos pertenecen a los desechos y a los límites permisibles del agua residual proveniente de los procesos industriales para la elaboración del papel periódico y bond, mientras que los cualitativos son fruto de la profundización de este conocimiento.

También se aplica como técnica la observación indirecta que, según Cadena-Iñiguez *et al.* (2017), es un mecanismo para recopilar información sin elaborar preguntas a ningún participante. Por ello, se tomaron los registros elaborados por estas empresas en mención, para conocer el nivel de desechos y los parámetros de las aguas residuales.

La población considerada fueron las empresas del sector CIIU C-1701.05 en el Ecuador que, son aquellas pertenecientes al ramo productivo de las fábricas que elaboran papeles periódicos y el que toma la denominación bond, las cuales, por no ser numerosas, no se requirió ningún procedimiento de muestreo.

El procesamiento de la información se realizó a través de los registros, en donde primero se cumplió con el objetivo específico de caracterizar a estas industrias, desde el punto de vista de su producción y de la generación de desechos, especialmente del agua residual que se expulsa de los procesos.

Además, es necesario esquematizar el modelo de economía circular, como parte del segundo objetivo específico, para lo cual, se debe mencionar los tratamientos mediante los cuales se puede reducir el nivel de contaminantes en el agua residual y contar con este desperdicio, en calidad de materia prima, para reutilizarlo en el proceso productivo.

De esta manera, los resultados del uso de la economía circular en el proceso productivo del papel periódico y bond, deben utilizar los siguientes indicadores comparativos:

Tabla 19.

Parámetros del agua residual del proceso de producción de papel periódico y bond.

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Normativa
pH	6 a 8	6-7	6-7
DQO	1.707 mg/l	426,75 mg/l	500 mg/l
DBO	980,2 mg/l	245,05 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.587,5 mg/l	1.600 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	229,55 mg/l	220 mg/l

Nota. Adaptado de *Acuerdo Ministerial 97*, por Registro Oficial Edición Especial 387, 2015

Estos parámetros comparativos, sirven para establecer los cambios que se generan con el uso de los métodos para el tratamiento de las aguas residuales, los cuales contribuyen a la reutilización del agua residual en el proceso productivo, para reducir los gastos en la compra de estas materias primas en la empresa y el beneficio que se ocasiona al ambiente, al liberarlo de la contaminación.

Resultados y discusión

Los resultados del primer objetivo específico que, procura describir las características de las empresas papeleras, se evidenciaron en las siguientes tablas y figuras:

Tabla 20.

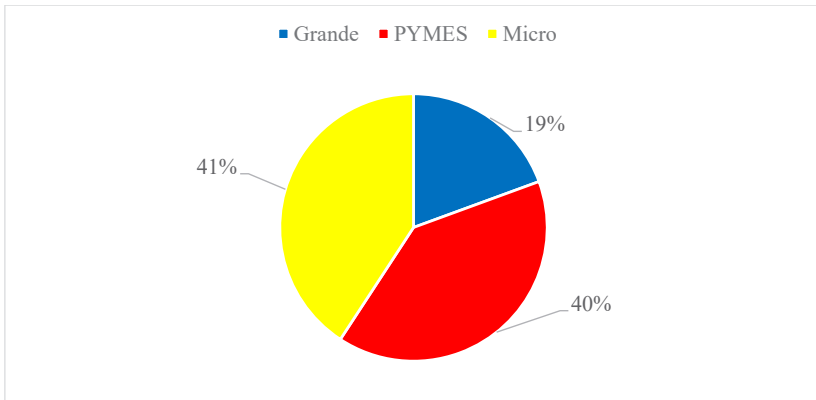
Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en Ecuador.

Tamaño de empresa	Cantidad
Grande	20
PYMES	41
Micro	42
Total	103

Nota. Adaptado de *Empresas papeleras*, por Superintendencia de Compañías, 2022, (www.supercias.gob.ec)

Figura 38.

Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en Ecuador.



Nota. Adaptado de *Empresas papeleras*, por Superintendencia de Compañías, 2022, (www.supercias.gob.ec)

Se observa una mayor participación de las PYMES y microempresas papeleras con 81%, sin embargo, son las grandes las que necesitan mayor cantidad de agua, energía y pulpa de árboles, para trabajar, sobre todo, cuando no existen los tratamientos adecuados ni se practica el reciclaje en proporciones suficientes:

Tabla 21.

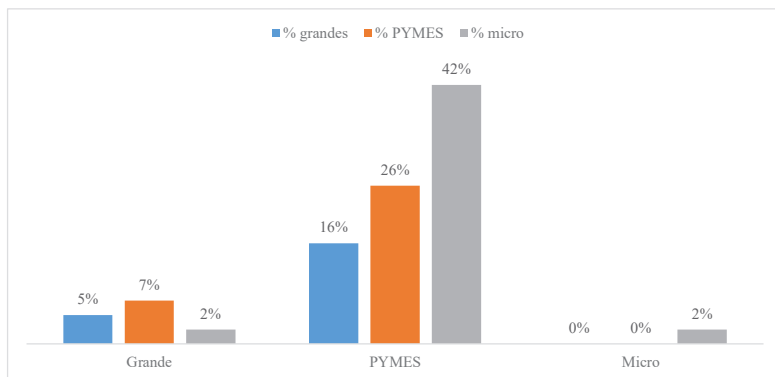
Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en la Zona 8, Guayas.

Tamaño de empresa	Grandes	% grandes	PYMES	% PYMES	Micro	% micro	Total	% total
Grande	2	5%	3	7%	1	2%	6	14%
PYMES	7	16%	11	26%	18	42%	36	84%
Micro		0%		0%	1	2%	1	2%
Total	9	21%	14	33%	20	47%	43	100%

Nota. Adaptado de *Empresas papeleras*, por Superintendencia de Compañías, 2022, (www.supercias.gob.ec)

Figura 39.

Clasificación de empresas papeleras clasificadas según tamaño en la Zona 8, Guayas.



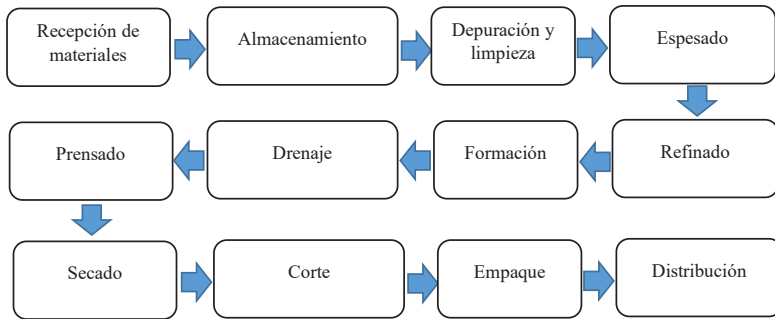
Nota. Adaptado de *Empresas papeleras*, por Superintendencia de Compañías, 2022, (www.supercias.gob.ec)

De la misma manera, a pesar que la participación de las PYMES microempresas papeleras con 79%, son mayoritarias en la zona 8, no obstante, se ha puesto mayor énfasis en la gran empresa, dada la elevada cantidad de recursos, como el agua y la energía que, requieren para sus operaciones. En la provincia del Guayas, las empresas más importantes, son Papelera Nacional y Papelesa, entre las grandes fábricas.

Prosiguiendo con la caracterización de las empresas que producen papel periódico y bond, se ha esquematizado las fases más importantes del proceso productivo en mención, como se indica seguido:

Figura 40.

Proceso general en empresas papeleras.



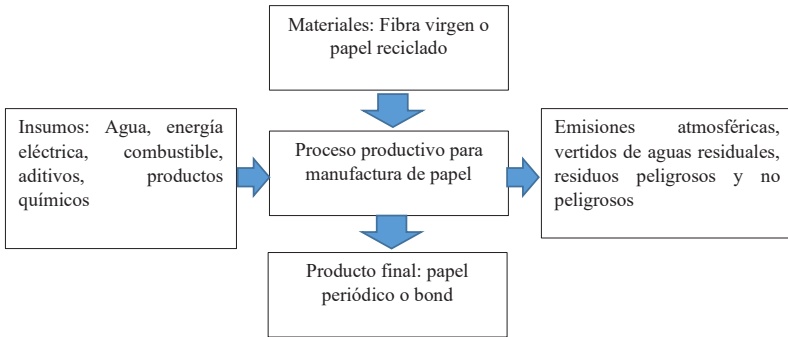
Nota. Adaptado de *Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, CIU C-17 fabricación del papel y de productos de papel*, por Navarrete Rocafuerte, 2022, Universidad de Guayaquil.

El proceso que empieza por la recepción de materiales, sean reciclados o nuevos, después de su almacenamiento temporal, continúa hacia su depuración y espesado, donde interviene el agua de procesos, de allí, hasta el refinado, el agua continúa siendo una materia prima importantes en estas tareas manufactureras, previas al secado, donde se expulsa vapor de agua y su empaque para la distribución final del papel periódico o bond.

Este proceso que utiliza agua y aditivos químicos como fenoles, dioxinas y furanos, además de las propias ligninas y taninos de las fibras vegetales de madera, genera los siguientes impactos ambientales:

Figura 41.

Impacto ambiental generado por las industrias papeleras.



Nota. Adaptado de *Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, CIU C-17 fabricación del papel y de productos de papel*, por Navarrete Rocafuerte, 2022, Universidad de Guayaquil.

Se observa que, el agua es una de las materias primas esenciales para la producción del papel, razón por la cual, es necesario conocer cómo impactan al ambiente, los vertidos de aguas residuales combinados con aditivos químicos que, se expulsan como parte del proceso de fabricación del producto en mención.

Con base en esta información, se presentó la cantidad de desechos que puede generar una industria papeleras en la Zona 8:

Tabla 22.

Desperdicios no recuperables en la industria papelera.

Tamaño de empresa	Cantidad
Desechos industriales del molino	7,36 millones Kg.
Lodos del clarificador	4,36 millones Kg.
Lodos de trampa molino 2	549 mil Kg.
Lodos de trampas molino 1	189 mil Kg.
Lodos con metal	109 mil Kg.
Otros desperdicios	15 mil Kg.
Agua no recuperada 20%	6 m ³ /ton. manufacturada de papel

Nota. Adaptado de *Propuesta de utilización de agua lluvia en el proceso de papel reciclado. Enfoque desde la economía circular*, por Bravo Cordero, 2023, Universidad del Azuay

Mientras tanto, los datos correspondientes a los parámetros de las aguas de proceso en la producción de papel, fueron los siguientes:

Tabla 23.

Parámetro de aguas residuales en la industria papelera.

Parámetro	Obtenidos	Límite máximopermisible	Diferencia
pH	6,7	6-7	
DQO	1707 mg/l	500 mg/l	1.207 mg/l
DBO	980,2 mg/l	250 mg/l	730,2 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.600 mg/l	4.650 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	220 mg/l	4.371 mg/l

Nota. Adaptado de *Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria de papel*, por Merizalde *et al.*, 2019, Revista politécnica

Con estos datos, se conoce la afectación que sufre el agua de proceso, durante la producción depapel periódico y bond, para pasar a la descripción del siguiente objetivo.

Tabla 24.

Ahorro ambiental al producir papel con materia prima reciclada, considerando un paquete de 500 hojas de papel bond.

Materia prima	Consumo normal	Ahorro en %	Ahorro en consumo
Agua	79,4 litros	61%	48,43 litros
Energía	16,3 Kw-hora	61%	9,94 Kw-hora
Madera	7,5 Kg	100%	7,5 Kg.

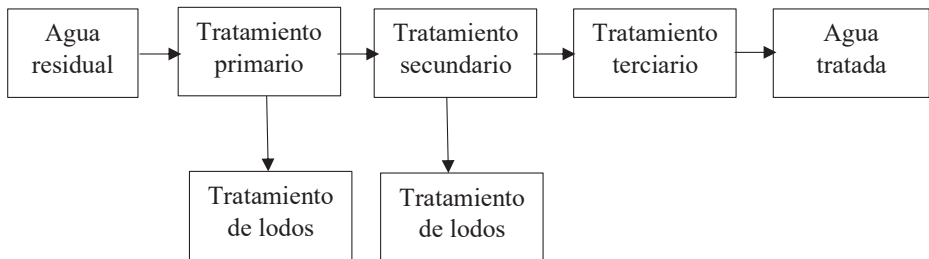
Nota. Adaptado de *¿Quieres conocer el impacto ambiental del papel/ cartón residuo y cuidar el medio ambiente?*, por Universidad del País Vasco, 2023, ehu.eus (<https://www.ehu.eus/es/web/araba/campus-iraunkorra-pape-ra-eta-kartoia>)

Sin embargo, no solo el uso de material reciclado como materia prima para la elaboración de papel, constituye un mecanismo certero para la reducción del agua, sino que, además, se puede reutilizar el agua, mediante el uso de sistemas de tratamiento que, permitan descargar el líquido vital a un vertedero seguro, inclusive, reutilizando la mayor parte del agua, de modo que, se reduzca al mínimo el desperdicio del líquido vital.

El proceso general del tratamiento de las aguas residuales en las fábricas papeleras, se esquematiza seguido:

Figura 44.

Ciclo para el tratamiento de aguas residuales en industria papelera.



Nota. Adaptado de *¿Quieres conocer el impacto ambiental del papel/ cartón residuo y cuidar el medio ambiente?*, por Universidad del País Vasco, 2023, ehu.eus (<https://www.ehu.eus/es/web/araba/campus-iraunkorra-pape-ra-eta-kartoia>)

Este tipo de tratamiento de las aguas residuales, no es costoso, pero es muy eficiente, por ello, se sugiere a las industrias papeleras a implementarlo.

En este contexto, se pueden utilizar procesos de homogenización, oxidación, filtración de efluentes y osmosis, para el tratamiento de las aguas residuales, todos los cuales se enlazan con la tecnología cero vertidos, como es el caso de la tecnología Zero Liquid Discharge (ZLD), que también trata de impedir vertidos o descarga de aguas residuales, porque se procura aprovechar al máximo el agua de procesos.

Figura 45.

Tratamiento de aguas residuales en industria papelera.



Nota. Adaptado de *La función del “Zero Liquid Discharge” (ZLD) en el tratamiento de residuos peligrosos*, por HRS, 2018, hrs-heatexchangers (<https://www.hrs-heatexchangers.com/es/noticias/la-funcion-del-zero-liquid-discharge-zld-en-el-tratamiento-de-residuos-peligrosos/>)

Además, la garantía de recuperación del agua de procesos, radica en una óptima separación de los componentes peligrosos y no peligrosos, entre los primeros se citan los aditivos químicos y en entre los segundos se citan a los lodos provenientes de las materias primas vírgenes o del papel reciclado, por lo que se puede recuperar entre el 90% al 95% del agua residual.

Bajo el uso de estos tipos de tratamientos de aguas residuales con cero vertidos, se aspira a obtener los siguientes indicadores en el agua de procesos:

Tabla 25.

Indicadores esperados con el tratamiento de cero vertidos en las aguas residuales de la industria papelera.

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento	Normativa
pH	6-7	6-7	6-7
DQO	1.707 mg/l	350 mg/l	500 mg/l
DBO	980,2 mg/l	200 mg/l	250 mg/l
Sólidos totales	6.350 mg/l	1.400 mg/l	1.600 mg/l
Sólidos suspendidos	4.591 mg/l	220 mg/l	220 mg/l

Nota. Adaptado de *Acuerdo Ministerial 97*, por Registro Oficial Edición Especial 387, 2015

Esto significa que, el modelo de economía circular que, incluye el uso de papel reciclado en vez de materia prima virgen, así como la utilización de sistemas de tratamiento de aguas residuales de cero vertidos, consigue reducir del 90% al 95% el agua de procesos y mantener los parámetros permisibles del líquido vital, bajo los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 97, vigente en el Ecuador.

Discusión

Los resultados evidenciaron las principales características de las empresas papeleras, mencionando que, a pesar de ser las PYMES y microempresas mayor en número (80%), en los cantones de Guayaquil, Durán y Samborondón, es la gran empresa la que ocasiona mayor contaminación, debido a que su producción es hasta 20 más alta que las compañías de menor tamaño.

El hallazgo de mayor relevancia que confirma lo mencionado en el primer párrafo, se encuentra relacionado con la descripción de los impactos ambientales que genera esta industria, en donde el elevado consumo de fibra virgen proveniente de los árboles, energía eléctrica, aditivos químicos y agua, este último en niveles de 30 a 33 m³, por cada tonelada de papel fabricado, generan un grave problema al ecosistema y se oponen a los principios de sostenibilidad y ecoeficiencia industrial.

Además, la contaminación del agua de procesos, generada en la producción de papel periódico y bond, ha sido verificada porque en varios estudios se pudo conocer que los parámetros del agua residual cuadruplicaron o triplicaron los límites máximos permisibles fijados en el Acuerdo Ministerial 97, vigente en el plano nacional.

Al respecto, el estudio de Merizalde *et al.* (2019) comprobó una reducción del 75% al 80% de los parámetros del agua residual, mediante el uso de un sistema de tratamiento de aguas residuales, con la metodología de vertido cero, el cual contribuyó al mantenimiento de estos parámetros, bajo los límites permisibles fijados en el Acuerdo Ministerial 97.

Asimismo, García Velásquez (2019) pudo verificar una reducción de los sólidos suspendidos y totales, a niveles del 85%, con la aplicación del sistema de tratamiento de aguas residuales con cero vertidos, el cual incluso contribuyó a reducir la temperatura del agua, al separar adecuadamente los lodos del agua de procesos y dejarla apta para su reutilización en el proceso productivo de elaboración de papel.

Además, como parte de la discusión, es digno de destacar la importancia que han tenido los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la minimización de la contaminación del agua de procesos y en la aplicación del modelo circular, en donde se estima que el reúso del líquido vital, así como el reemplazo de papel reciclado en vez de pulpa de madera, como materia prima principal para la elaboración del papel periódico o bond, constituyen las dos opciones de mayor envergadura, para el cumplimiento de los principios de la economía circular en las fábricas papeleras.

Así lo manifiesta Graziani (2018), al manifestar que el modelo de economía circular busca cero desperdicio, al aprovechar al máximo los recursos que pone a disposición la misma naturaleza o en el caso de la industria papelera, la acción humana, para generar un ciclo de producción sostenible que, logre preservar los recursos no renovables, como el agua, por ejemplo.

Estos resultados también coinciden con el estudio de Aedo & Ferrer (2022), quienes obtuvieron una reducción del agua en proceso de producción del papel, igual a 6 m³ por tonelada de papel fabricado, al aplicar el modelo de economía circular, consistente en el reciclaje del papel y el tratamiento efectivo del agua de procesos.

De igual manera, Bravo Cordero (2023) consiguieron reducir la cantidad de sólidos en las aguas residuales, en 54 mg/l, es decir, en el 90% de los sólidos suspendidos, al utilizar el modelo de economía circular que, además de implementar un sistema de tratamiento de las aguas residuales, también implantó una infraestructura para la captación del agua de lluvias y su uso en las tareas de manufactura del papel periódico y bond, para aplicarla de manera cíclica en esta industria.

Finalmente, se pudo conocer que, la aplicación del modelo de economía circular, influye en la reutilización del agua residual en los procesos productivos efectuados por las empresas del sector CIU C-1701.05 en el Ecuador, para reducir el despilfarro del líquido vital, minimizando gastos y generando mayor ecoeficiencia, para preservar los recursos naturales y potenciar los indicadores de productividad y competitividad de este sector productivo.

Conclusión

Las principales características de las empresas papeleras, es que se encuentran conformadas en su mayoría por las PYMES y microempresas, pero es la gran empresa la que ocasiona mayores impactos ambientales, por el alto consumo de fibra virgen proveniente de los árboles, energía eléctrica, aditivos químicos y agua en niveles de 30 a 33 m³ por cada tonelada de papel fabricado, generando un grave problema al ecosistema y oponiéndose a los principios de ecoeficiencia, los cuales fueron verificados por la cuadruplicación o triplicación de los límites máximos permisibles de las aguas residuales, como DQO, DBO, sólidos suspendidos y totales, fijados en el Acuerdo Ministerial 97, vigente en el país.

En conclusión, el modelo de economía circular contribuye a la reducción de la contaminación en la industria papelera, mediante la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y el reemplazo de la pulpa de madera por papel reciclado, como materia prima principal para la elaboración del papel periódico o bond, constituyendo las dos opciones de mayor envergadura, para el cumplimiento de los principios de la economía circular en el sector productivo CIU C-1701.05.

Referencias

- Aedo, F. G. P., & Ferrer, G. R. (2022). Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos. *Sostenibilidad Económica, Social y Ambiental*, 4, 75–100. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2022.4.05>
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

- Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 8, 34–56. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- Arinas, R. J. S. (2018). Economía circular: líneas maestras de un concepto jurídico en construcción. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 10(1 SE-Estudis). <https://raco.cat/index.php/rcda/article/view/359759>
- Báez, S. (2018). *La Cooperativa Unión Papelera Platense: Entre la producción y la contaminación. Un estudio del conflicto ambiental en torno al vertido de efluentes en el Arroyo del Gato* [Universidad Nacional de La Plata]. <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1559/te.1559.pdf>
- Bravo Cordero, M. (2023). *Propuesta de utilización de agua lluvia en el proceso de papel reciclado. Enfoque desde la economía circular* [Universidad del Azuay]. <https://doi.org/https://doi.org/https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12796>
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. D. R. D. L., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1603–1617.
- Chaves Ávila, R., & Monzón Campos, J. L. (2018). La economía social ante los paradigmas económicos emergentes: innovación social, economía colaborativa, economía circular, responsabilidad social empresarial, economía del bien común, empresa social y economía solidaria. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 93, 5. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.93.12901>
- Fraga, M. A. C. H. D. C. (2017). *A economia circular na indústria portuguesa de pasta, papel e cartão* [Universidad de Nova]. https://run.unl.pt/bitstream/10362/21794/1/Fraga_2017.pdf
- Garabiza, B., Prudente, E., & Quinde, K. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Revista Espacios*, 42(02), 222–237.
- García Valero, A. (2022). *Regeneración y reutilización de aguas contaminadas mediante la aplicación de tratamientos físicos, químicos y biológicos de bajo coste y respetuosos con el medioambiente* [Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://doi.org/10.31428/10317/11393>

- García Velásquez, S. (2019). *Optimización a escala laboratorio del sistema de tratamiento de agua residual de una industria papelera* [Universidad Autónoma e Occidente]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11734/T08905.pdf?sequence=5>
- Graziani, P. (2018). *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina*. CAF Development Bank Of Latinamerica.
- HRS. (2018). *La función del “Zero Liquid Discharge” (ZLD) en el tratamiento de residuos peligrosos*. 10-09-2018. <https://www.hrs-heatexchangers.com/es/noticias/la-funcion-del-zero-liquid-discharge-zld-en-el-tratamiento-de-residuos-peligrosos/>
- INEC. (2012). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas*. <https://doi.org/https://doi.org/https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- Latorre, A. (2005). *Contaminantes orgánicos en procesos de depuración de aguas residuales de industrias papeleras*. Universitat de Barcelona.
- Melgarejo, J. (2019). *Congreso Nacional del Agua Orihuela Innovación y Sostenibilidad*. Universitat d'Alacant. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88467/1/Congreso_Nacional_Agua_2019_27-52.pdf
- Merizalde, E., Montenegro, L., & Cabrera, M. (2019). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de una industria de papel. *Revista Politécnica*, 43(1), 7–14.
- Navarrete Rocafuerte, S. Y. (2022). *Análisis del comportamiento del ciclo de vida del producto y las metas ambientales del Ecuador para la aplicación de la economía circular en empresas del sector manufactura, CIIU C-17 fabricación del papel y de productos de papel*. Universidad de Guayaquil.
- ONU. (2023). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. 2023. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Porcelli, A. M., & Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067–1105. <https://doi.org/10.1590/2317-6172201840>
- Registro Oficial Edición Especial 387. (2015). *Acuerdo Ministerial 97*. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

- Soto, R. M. S. (2020). El método mixto para el análisis de la cooperación académica entre universidades como factor de prestigio internacional: una elección metodológica para una realidad compleja. *Communication & Methods*, 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.35951/v2i2.84>
- Superintendencia de Compañías. (2022). *Empresas papeleras*. <https://www.supercias.gob.ec/portalscvs/index.htm>
- Universidad del País Vasco. (2023). *¿Quieres conocer el impacto ambiental del papel/cartón residuo y cuidar el medio ambiente?* 2023. <https://www.ehu.eus/es/web/araba/campus-iraunkorra-papera-eta-kartoia>
- Vidal Daza, O. A., & Perez Vidal, A. (2018). Estimación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Emitidos por una Industria Papele-
ra Mediante el Modelo AERMOD. *Ingeniería*, 23(1), 31. <https://doi.org/10.14483/23448393.12262>

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Conclusiones



La manera de cerrar este valioso compendio ha de ser condensando cada una de las conclusiones a las que llegan los autores, en función de proporcionar un campo completo de los logros a los que se pueden llegar siempre que exista la intención de abordar una problemática para aportar soluciones desde el campo del conocimiento, es así como el “*Análisis del potencial de la biomasa residual para generación eléctrica en países de la cuenca amazónica*” se consiguen aportes que permiten identificar que en los países del cono sur los residuos de la producción de soya tienen la mayor relevancia en la generación eléctrica debido a dos factores: una ratio elevada de residuos/producción, un elevado poder calorífico. Se recomienda realizar estudios focalizados en esta categoría para evaluar la factibilidad técnica y económica de su aprovechamiento, mientras que en los países andinos son los residuos de la producción de caña de azúcar quienes tienen la mayor relevancia en la generación eléctrica, a pesar de tener una razón de residuos/producción baja, sus altos volúmenes de producción compensan esta condición.

Los resultados obtenidos en la “*Determinación de Indicadores de Gestión de Residuos Sólidos para un proceso de elaboración de productos farmacéuticos*” demostraron que es importante para la recopilación de la cantidad de los desechos generados el método de “Análisis del número de cargas”, también se conoció que existen desechos peligrosos que se generan en la compañía como el ácido acético, metanol puro, solvente dimetilformamida, mezcla de ácidos, desechos de HPLC, reactivos, lámparas fluorescentes, aceite usado, waipes, envases contaminados, frasco de solventes. en el caso estudiado, la compañía no ha implementado medidas orientadas a minimizar las cantidades generadas durante el proceso producto. Esto debido al desconocimiento de las cantidades de desechos generados en este rubro, además se obtuvo información de que se generan 110,7 kilogramos de residuos de producción por cada tonelada de producto fabricado; 77,5 kilogramos de materias primas se desechan como residuos líquidos al fabricar 1 tonelada de producto y que por cada tonelada de producto fabricado se generan 0,6 kilogramos de reactivos puros utilizados en el laboratorio de control de calidad.

Se evidenció un profundo interés por el fortalecimiento de políticas para el manejo de la *plaga mosca de la fruta mediante los indicadores del PNMF* con el fin garantizar las exportaciones de la fruta fresca tropical en la zona en el estudio acerca del monitoreo y control de la producción de la “Pitahaya” gestionada por Agrocalidad, en la provincia de Manabí. Entre los hallazgos se pueden destacar que en dicha provincia existen 700 hectáreas registradas de las cuales la mayor cantidad están ubicadas en el cantón Rocafuerte, me-

dian­te el mapeo se encon­tró que Agroca­li­dad asiste técnicamente a pe­que­ños, medianos y grandes productores. La problemática responde, según los autores, a la vulneración de derechos de carácter estructural, ratificando así la necesidad de formular política pública para la continuidad del monitoreo y control de la plaga mosca de la fruta y que las alternativas de solución se enmarcaron en el ámbito de la gobernanza (44%), buenas prácticas agrícolas (33%) y participación de productores (22%).

En la conclusión de la referida aplicación para recolección de datos multi-media se consigue que el desarrollo de la aplicación móvil *Captura y Geolocaliza* demuestra ser una herramienta para la recolección de datos multimedia en el campo de la inclusión social porque ha de permitir optimizar la recolección de datos en las calles de la ciudad y mejorar la confiabilidad de los mismos, lo que ha contribuido a la reducción de problemas existentes en la atención a niños en situación de vulnerabilidad y riesgo en Ecuador, cumpliendo con éxito el objetivo de proporcionar una solución innovadora para la recolección de datos multimedia en el campo de la inclusión social.

El Modelo de Simulación para el empaquetado en la industria bananera logró concluir que el sistema se aproxima al sistema real con una exactitud de aproximadamente el 83% en cuanto a capacidad de producción, logrando producir 702 unidades de cajas de banano en el sistema modelado y 600 cajas en el sistema real. Según la propuesta de mejora planteada se infiere, además, que realizando cambios como agregar una cámara de fumigación automática y reubicando al colaborador a cargo de la tarea de fumigado en la situación actual al área de desmane, se puede lograr, en términos de unidades producidas, un incremento del 16,66%, y en términos económicos, hasta \$816.00 US\$ por día de embarque.

En la *Elaboración de la aleación C91700 por medio de la norma UNS A* se muestra mayor contenido de Sn; mayor dureza (92-125 HBN) de la aleación y aumento de color grisáceo en la fractura, así como también el tamaño de grano resulta más fino, la resistencia a la tracción también aumenta. No existe variaciones ni pérdidas considerables en cuanto a los elementos aleantes. Los métodos sugeridos para obtener aleaciones certificadas a través de reciclaje en hornos artesanales son correctos. Las secuencias de operaciones establecidas en los diagramas de flujo aseguran la calidad de las aleaciones aquí producidas y los equipos y materiales usados, sirven para el propósito que se fijó, es decir el reciclaje de chatarra genera aleaciones que cumplen con la calidad de una norma.

Se concluyó en el *Análisis de la producción de quitina y quitosano como materia prima biodegradable* que la idea de negocio es altamente viable y rentable por sí mismo, al no haber empresa que se dedique en la producción y comercialización de quitina y quitosano en el país, además de que, en la actualidad, el gobierno está impulsando el cambio de la matriz productiva, y la línea de venta será directa, sin intermediadores alguno. A partir de este plan de negocios, se puede profundizar y ampliar en temas importantes que garanticen un mejor control y adecuado desarrollo y sostenimiento de la matriz productiva del país.

En el proyecto de *Big Data como apoyo para la administración de servicios públicos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador* los autores aportan que se debe evaluar coherente las opciones disponibles antes de comenzar a trabajar en la implementación. Para esto, el criterio a seguir tiene dos pilares fundamentales: primeramente, el tiempo de respuesta debe ser al menos aceptable y; segundo, la implementación debe ser simple de realizar. De nada serviría una aplicación muy sofisticada que no entregue resultados, así como tampoco una aplicación costosa en términos de mantenimiento y actualización. La implementación de proyectos tecnológicos innovadores tiene el potencial de contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental.

Una vez expuestos los resultados del *Análisis de factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante un sistema eólico – solar fotovoltaico en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil* los investigadores pudieron observar los cálculos en cuanto a consumo y costo de materiales se requiere; mientras que en el estudio de mercado se puede identificar la demanda insatisfecha que existe de tomacorrientes y energía dentro de la zona de incidencia. Si bien la pregunta de valoración contingente muestra que los consumidores no están dispuestos a pagar por este servicio por tratarse de una institución pública, las otras preguntas muestran que existe la necesidad de mayor generación de energía y bajo costo. Por tanto, el desarrollo del proyecto es factible.

Modelo de economía circular para reutilización del aguaresidual en empresas del sector CIIU C-1701.05, es que se encuentran conformadas en su mayoría por las PYMES y microempresas, pero la gran empresa es la que ocasiona mayores impactos ambientales, por el alto consumo de fibra virgen proveniente de los árboles, energía eléctrica, aditivos químicos y agua generando un grave problema al ecosistema y oponiéndose a los principios de ecoeficiencia, entonces, el modelo de economía circular contribuye a la reducción de la contaminación en la industria mediante la implementación de

sistemas de tratamiento de aguas residuales y el reemplazo de la pulpa de madera por papel reciclado, como materia prima principal para la elaboración del papel periódico o bond, constituyendo las dos opciones de mayor envergadura, para el cumplimiento de los principios de la economía circular en el sectorproductivo CIIU C-1701.05.

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.



Publicado en Ecuador
Mayo 2023

Edición realizada desde el mes de febrero del 2023 hasta mayo del año 2023, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.

1^{ra} edición



Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

AUTORES INVESTIGADORES

Daniel Ortega Pacheco
Eduardo Almeida Benalcázar
Pedro Luis Castro Verdezoto
Arturo Enrique Sánchez Granja
Priscilla Elizabeth Moreno Marcial
Omar Darío Coloma Hurel
Fausto Arturo Benítez Troya
Galo David Medina Chérrez
Carlos García Gutiérrez
Ángel García Gutiérrez
Mariuxi Tejada Castro
Sandra Zapata Vega
Enrique Martínez García
Normando López Valencia
Sandy Berrezueta Merchán
Katusca Valle Navarro
Erwin Joaquín Murillo López
Alemán Herrera Lozano
Raúl Gustavo Mata Muñoz
David Alejandro Del Pino Moreira
Alexis Miguel Velásquez Jama
Luis Antonio Chica Castro
Víctor Hugo Garófalo Largo
Ernesto Max Loján Granda
María José Trujillo Coloma

ISBN: 978-9942-622-53-2



9 789942 622532

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.

CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NO-COMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

ESTUDIOS SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR E INDUSTRIA 4.0

