

RIC

REVISTA DE
**INICIACIÓN
CIENTÍFICA**

JOURNAL OF **UNDERGRADUATE RESEARCH**

Vol. 6 - N.º 1- ENERO - JUNIO 2020

P-ISSN 2412-0464 & E-ISSN 2413-6786



Universidad Tecnológica de Panamá

Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,
Edificio Administrativo
Teléfono: (507) 560-3703 / Telefax: (507) 560-3442
Correo Electrónico: editorial@utp.ac.pa
Web: www.utp.ac.pa
Apartado Postal 0819-07289 El Dorado,
Panamá Provincia de Panamá
República de Panamá.



latindex ROAD MIAR UTP-Ridda BASE
Directorio y Catálogo
Google OpenAIRE PKPINDEX MENDELEY
República Centroamericana MESA

Mentores / Evaluadores de este volumen

Área de investigación de UTP	Revisor / mentor	Facultad, Centro de Investigación o Centro Regional
Robótica, Automatización e Inteligencia Artificial	Dra. Deyka Irina Garcia Batista	Facultad de Ing. Mecánica
Educación en Ingeniería	Magíster. Mariela Yiseth Salgado Canto	Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria CINEMI
Energía y Ambiente	Dr. Arthur MC Carty James Rivas	Facultad de Ing. Mecánica SNI: Investigador Nacional 1 2017 - 202
Agroindustria	Magíster. Aníbal Fossatti Carrillo	Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica CITT Centro Regional de Coclé
Tecnologías de la Información y Comunicaciones	Dr. Edwin Collado	Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica CITT Centro Regional de Azuero
Energía y Ambiente	Dr. Reinhardt Pinzón	Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas CIHH SNI: Investigador Nacional 1 2015 – 2020

RIC

REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

JOURNAL OF UNDERGRADUATE RESEARCH

La RIC, Revista de Iniciación Científica – Journal of Undergraduate Research – es una revista abierta a la difusión, a los intercambios y a los debates de interés de la comunidad universitaria, esencialmente a nivel de pregrado con el objetivo de promover la creación, la expresión y la disseminación de trabajos novedosos y empíricos. En la RIC se publican, prioritariamente trabajos originales relacionados con los temas de ciencias, tecnología e ingeniería, desarrollados por estudiantes de licenciatura, en español, portugués o en inglés, incluyendo resultados de trabajos de términos de grado y otros trabajos de investigación desarrollados en pregrado.

Revista semestral, es un proyecto educativo universitario, publicada a partir del 2015, como iniciativa del Ing. Alexis Tejedor De León, PhD, ING-PAED-IGIP, de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá, con

la finalidad de brindar una oportunidad, única, a los estudiantes universitarios de experimentar plenamente el método científico, a partir del desarrollo de trabajos originales para su publicación y visibilidad internacional, por medio del proceso de revisión por pares.

The manuscript should be of similar style and structure to that of typical articles published in professional journals.

Los artículos y trabajos técnicos publicados en la Revista de Iniciación Científica – RIC – *Journal of Undergraduate Research* son de exclusiva propiedad de sus autores. Las opiniones y el contenido de los mismos pertenecen a sus autores, declinando la Universidad Tecnológica de Panamá de toda responsabilidad por los derechos que pudiera derivarse de la lectura y/o interpretación del contenido de los trabajos allí publicados.

Misión

La RIC, es una revista de estudios, revisiones e investigaciones en ciencia, tecnología e ingeniería, tanto teóricos, como empíricos, que tiene como objetivo divulgar la producción académica universitaria a nivel de pregrado, propiciando el intercambio de informaciones y el debate sobre los principales asuntos y temas emergentes de las áreas. Se da relevancia a la diseminación de los trabajos realizados en universidades nacionales, sin embargo, publicará también estudios provenientes del exterior. Por lo tanto, se invita a cualquier estudiante de licenciatura en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería a presentar sus manuscritos, y enviarlos a la dirección: revista.ric@utp.ac.pa

Proceso de revisión

En primer lugar, el Director del Comité Editorial realiza una selección preliminar de los manuscritos sometidos, tomando en consideración la Misión de la RIC.

Los artículos seleccionados se someten y se asignan a uno de los miembros del Comité Editorial de la RIC. Se envían a mentores/ revisores de acuerdo al área de especialidad, los cuales enviarán sus comentarios a uno de los miembros del Comité Editorial, responsable por darle seguimiento al manuscrito designado.

El miembro del Comité Editorial, sintetizará los comentarios y observaciones emitidos por los revisores, y su decisión sobre la publicación del manuscrito, el cual podrá aceptarse tal y como se envió, aceptarse con pequeñas modificaciones, o devolverse con la invitación de que lo vuelva a someter. El autor, en cuestión, atenderá las modificaciones sugeridas. Se podrán llevar a cabo, varias rondas de comentarios, hasta que finalmente el manuscrito se considere adecuado para su publicación.



Dra. Casilda Saavedra de Madrid
DIRECTORA

RIC

REVISTA DE
INICIACIÓN
CIENTÍFICA

MENSAJE DE LA DIRECTORA

La Revista de Iniciación Científica de la Universidad Tecnológica de Panamá es el espacio propicio para fomentar la cultura de investigación en los futuros profesionales de Panamá, a través de la publicación de artículos de la tesis de grado, artículos de la Jornada de Iniciación Científica-JIC, artículos de revisión del estado del arte y otros trabajos estudiantiles de investigación. El espíritu de la RIC es servir de puente, de manera que sus autores aumenten progresivamente la calidad de su trabajo y puedan posteriormente publicar en revistas profesionales indexadas, tanto a nivel nacional como internacional.

La Revista de Iniciación Científica-RIC es una revista semestral, está indexada en Catálogo 2.0 de Latindex y forma parte de las bases de datos: ERIHPLUS, ROAD, MIAR, Google Académico, Open Aire, PKP-INDEX, BASE, Mendeley, el repositorio Centroamericano SIIDCA y el repositorio de UTP-RIDDA2.

Nos complacemos en presentar a la comunidad universitaria y el público en general el primer número del año 2020, Volumen 6, N.º 1 de la RIC. Este número cuenta con 15 artículos, y temáticas que van desde la producción de alimentos, el uso de la tecnología para mejorar la eficiencia de diversas tareas, la disminución de la contaminación ambiental y el área de negocios. El primer artículo trata sobre la obtención del biodiesel a partir del aceite de coco. El segundo artículo es el diseño y control de un robot de cuatro patas, como apoyo a las actividades del hogar. El tercer artículo presenta la propuesta de un modelo para el emprendimiento de base universitaria.

En el cuarto artículo se incluye una propuesta para la evaluación del rendimiento energético del bagazo de caña, subproducto de los ingenios azucareros, mediante el método de gasificación. Por su parte, el

quinto artículo se enfoca en el diseño de un cultivador hidropónico vertical para uso doméstico. El sexto artículo promueve el uso de energía solar para la creación de un sistema de riego de parcelas. El séptimo artículo es una propuesta de mitigación de los gases de efecto invernadero a través de la reforestación con la especie *Paulownia tormentosa*. El octavo artículo se concentra en una técnica de mejoramiento del proceso de producción artesanal de barras de achote. Seguidamente, el noveno artículo se enfoca en la neurociencia y su aplicación en el mercadeo de bienes y servicios.

El décimo artículo es una aplicación de un sistema de cosecha de agua lluvia para viveros, con el fin de promover el ahorro de agua potable. A continuación, el undécimo artículo trata sobre la influencia de pastas térmicas en el funcionamiento de computadoras personales. El duodécimo artículo se enfoca en la aplicación de la lógica difusa para el monitoreo de los niveles de ruido en espacios educativos. El décimo tercer artículo ataca uno de los

problemas más críticos de Panamá, el cual es la producción de residuos plásticos. El décimo cuarto artículo está enfocado en la producción de alimentos, mediante el diseño de un tubo de retención para la producción de jugos. Finalmente, el décimo quinto artículo presenta una estrategia de prevención de colisiones en tres dimensiones mediante el uso de la robótica.

Deseo expresar nuestro profundo agradecimiento a los autores y especialmente al cuerpo de mentores-evaluadores que nos han apoyado en la revisión y recomendaciones de mejoras de los artículos de este número. Reitero la cordial invitación a los profesores y estudiantes de Universidad Tecnológica de Panamá y otras universidades a que aprovechen este espacio para dar a conocer los resultados de sus proyectos de investigación y desarrollo, contribuyendo de esta manera a incrementar la cultura de investigación tan necesaria en nuestros países.

Que Dios les bendiga.

RIIC



Vol. 6 - N.º 1- ENERO - JUNIO 2020

P-ISSN 2412-0464 & E-ISSN 2413-6786

CONTENIDO

8-13	OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE COCO (COCOS NUCIFERA L.)	Angelo Noé Marquínez Marquínez Nikolt Stephanie Loor Molina Carlos Wladimir Guamán Marquínez Jesús Alexander Vélez Vélez Karolayne Milena Solórzano Párraga Julia Katherine Rodríguez Cobeña María Antonieta Riera
14-18	DISEÑO Y CONTROL DE UN ROBOT DE CUATRO PATAS	Fernando Lezcano Celine Quintero Pedro de la Torre Victoria Serrano
19-28	PROPUESTA DE MODELO PARA EL EMPRENDIMIENTO DE BASE UNIVERSITARIA A TRAVÉS DEL ESTADO DEL ARTE	Ana Patricia Benavides Díaz Dalys Guevara

29-34	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DEL BAGAZO DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO VS SU APROVECHAMIENTO MEDIANTE GASIFICACIÓN	Iván Solano Orlando Aguilar Camila Domínguez Gabriela Ramírez Orlando Aguilar
35-37	DISEÑO DE UN CULTIVADOR HIDROPÓNICO VERTICAL PARA USO DOMÉSTICO	Daniel González Yirene Caballero Orlando Aguilar Orlando Aguilar
38-42	SISTEMA DE RIEGO CON MOVILIDAD A BASE DE ENERGÍA SOLAR	Dayaneth Arrocha Abel Camargo Jorge Petit Yneska Rosas Vladimir Villarreal Lilia Muñoz
43-46	PAULOWNIA TOMENTOSA, COMO RESERVORIO NATURAL DE GASES ANTROPOGÉNICOS EN LA REGIÓN DE AZUERO	Ginger Carrasco Yuleinys Castro José Norato Anadalys Almengor Eny Serrano
47-51	DISMINUCIÓN EN EL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE ACHIOTE EN BARRA	Mitwel Díaz Christ Henríquez Lissa Vega Katherina Vidal Rita Araúz
52-57	NEUROCIENCIA Y MERCADEO: INFLUENCIA DEL COLOR EN LA PREDISPOSICIÓN DE COMPRA EN USUARIOS DE REDES SOCIALES	Isabella Membreño Brigitte Rodríguez Loreli González Ericka Castillero Ricardo Cattafi
58-63	EVALUACIÓN DEL AHORRO DE AGUA POTABLE QUE SE PODRÍAN PERCIBIR EN LOS VIVEROS AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE PANAMÁ	María Arévalo Osvaldo Martínez Andrea Rosales Maribel Pérez Nicole Barria
64-71	INFLUENCIA DE CINCO TIPOS DE PASTAS TÉRMICAS EN EL RENDIMIENTO DE TRES MODELOS DE COMPUTADORAS PERSONALES	Lineth Guerra Cirilo Castro José Mendoza

72-78	PROTOTIPO DE SISTEMA EXPERTO BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA LA MONITORIZACIÓN DEL RUIDO EN ESPACIOS EDUCATIVOS	Aracelis M. González Nahum E. Casco Robinson H. Mela Cristian I. Pinzón
79-84	ESTIMACIÓN DEL DESCARTE DE MATERIAL RECICLABLE DOMÉSTICO EN TRES DISTRITOS DE CHIRIQUÍ, PANAMÁ	Mónica Aparicio Conny Hernández Lidiet. Fossatti Aylin Castillo Jorge Pino
85-90	DISEÑO DE UN TUBO DE RETENCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE UN JUGO DE NARANJA Y ZANAHORIA ESTABILIZADO CON GOMA XANTANA Y CMC	Gabriela Diaz Iris Espinosa Alberto Tuy Estrella Villalaz Lloyd Gardner Salvador Rodríguez
91-96	ESTRATEGIA DE PREVENCIÓN DE COLISIONES EN 3D PARA COLABORACIÓN SEGURA HOMBRE- ROBOT, USANDO EL KINECT	Alessandro Saffioti Felipe Pan Humberto Rodríguez

Obtención de biodiesel a partir de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.)

Obtaining biodiesel from coconout oil (*Cocos nucifera* L.)

Angelo Noé Marquínez Marquínez¹, Nikolt Stephanie Loor Molina¹, Carlos Wladimir Guamán Marquines¹, Jesús Alexander Vélez Vélez¹, Karolayne Milena Solórzano Párraga¹, Julia Katherine Rodríguez Cobeña¹, María Antonieta Riera^{2*}

¹ Estudiantes de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Manabí, ² Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí.

Resumen Los combustibles fósiles son mundialmente usados para satisfacer las necesidades energéticas de las naciones, agravando continuamente la situación ambiental por los efectos perjudiciales que estos causan. Una posible solución a esta situación, es el uso de biocombustibles de origen vegetal cuyas características se comparen favorablemente con las requeridas por los combustibles de motores de combustión interna. Bajo esta perspectiva y atendiendo las necesidades académicas, se desarrolló el presente trabajo dentro de la asignatura Balance de Masa, con el objetivo de obtener biodiesel a partir de aceite de coco y comparar los resultados obtenidos con experiencias previas similares. Para ello se llevó a cabo la extracción del aceite vegetal y posteriormente la reacción de transesterificación, donde se obtuvo el biodiesel. Los resultados obtenidos permitieron realizar el balance de masa de cada etapa del proceso, así como también determinar su rendimiento, el cual fue de 6,00% y 92,31% para la extracción del aceite y conversión a biodiesel, respectivamente. A través del trabajo realizado se comprobó que es viable utilizar el aceite de coco como materia prima para la producción de este biocombustible, sirviendo así como referente para investigaciones posteriores, donde se busque caracterizar el biodiesel para un análisis económico y factibilidad de producción del mismo.

Palabras clave Aceite de coco, biocombustible, biodiesel, balance de masa.

Abstract Fossil fuels are used worldwide to satisfy the energy needs of nations, continuously aggravating the environmental situation due to the harmful effects they cause. A possible solution to this situation is the use of biofuels of plant origin whose characteristics compare favorably with those required by the fuels of internal combustion engines. Under this perspective and attending to academic needs, the present work was carried within the Mass Balance course, with the aim of obtaining biodiesel from coconut oil and comparing the results obtained with similar previous experiences. For this, the extraction of vegetable oil was carried out and the transesterification reaction where biodiesel was obtained. The results obtained allowed the mass balance of each stage of the process to be carried out, as well as determine its yield, which was 6,00% and 92,31% for oil extraction and conversion to biodiesel, respectively. Through the work carried out, it was verified that it is feasible to use coconut oil as a raw material for the production of this biofuel, thus serving as a reference for subsequent research where biodiesel is sought to be characterized for an economic analysis and its production feasibility.

Keywords Coconut oil, biofuel, biodiesel, mass balance.

* Corresponding author: mriera@utm.edu.ec

1. Introducción

Si bien es cierto que la explotación petrolera ha traído consigo soluciones prácticas para la vida como es la producción de combustibles, no ha dejado de generar consecuencias ambientales que en algunos casos son irreversibles. Una de ellas son las emisiones atmosféricas, que incluyen un conjunto de contaminantes tóxicos entre ellos el dióxido de carbono (CO₂), que es el gas de efecto invernadero más importante producido por el hombre y que altera el clima [1].

Pese a sus consecuencias inaceptables, los combustibles fósiles abastecen actualmente la mayor parte de las necesidades energéticas del mundo. Es por ello que los gobernantes junto con los investigadores, son los responsables de evaluar las fuentes alternas de energía que sean científicamente viables, ambientalmente aceptables y tecnológicamente prometedoras [2].

Un escenario posible ante esta problemática es el uso de combustibles basados en aceites vegetales nuevos o usados y grasas animales, que son recursos no tóxicos, biodegradables y renovables. Anteriormente, los combustibles provenientes de

aceites vegetales no eran aceptables, dado que superaban en costos a los de origen fósil. Sin embargo, recientemente el biodiesel se ha vuelto atractivo debido a sus beneficios ambientales [3].

El biodiesel es un biocombustible líquido resultante de la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, por modificación química, donde los ácidos grasos libres se neutralizan y la glicerina se ha eliminado de los ésteres reemplazándolos con un alcohol [4].

El biodiesel es un sustituto del diésel convencional que se obtiene a partir de fuentes renovables. En los últimos años su producción a bajo costo y con parámetros aceptables de calidad, se ha convertido en una actividad de interés económico, social y ambiental. Se caracteriza por generar menos gases de combustión en relación a los combustibles fósiles, al reducir CO₂ en un 10%, SO₂ cerca del 100% debido a la ausencia de azufre en el biodiesel, hollín entre 40-60%, CO entre 10-50%, hidrocarburos (HC) entre 10-50%, aldehídos y compuestos poliaromáticos en torno al 13% [5]. Otra ventaja de este biocombustible, es que aporta el triple de energía de la que se necesita para su producción. Desde el punto de vista de la inflamabilidad y toxicidad, es más seguro que el gas-oil proveniente del petróleo, no es tóxico y es biodegradable [6].

Su calidad al igual que los diésel comunes, depende de dos factores: La materia prima utilizada (tipo de aceite de origen vegetal) y la calidad del proceso de obtención [7]. Los aceites vegetales comúnmente empleados para la producción de este biocombustible, son los provenientes de semillas oleaginosas como el girasol, la colza, la soya, el coco y la palma [8].

Este aceite se ha considerado como materia prima alternativa para producir biodiesel con características similares al producido de aceites vegetales refinados, que además evita la competencia por el uso de la tierra para fines de alimentación [9]. El aceite de coco debido a su composición, es de color blanco y de consistencia sólida hasta temperaturas de 22 a 25 °C [10]. Es rico en ácidos grasos saturados de longitud de cadena media y dada su baja instauración, es una grasa muy estable. Químicamente 0,1% de su peso total, contiene 6% de ácido oleico monoinsaturado, 2% de ácido linoleico polinsaturado, 3% de ácido esteárico saturado, 9% de ácido palmítico saturado, 6% de ácido cáprico saturado y 47% ácido láurico saturado [6].

Tejada et. al. (2009) compararon las características del aceite de almendra, marañón, ajonjolí y coco, encontrando resultados satisfactorios con buenos rendimientos para el aceite de coco, por lo que se presenta como una buena alternativa para producción de este biocombustible [6]. Esta investigación se diferencia de la presente, en el método utilizado para la extracción del aceite de coco.

Otros trabajos experimentales evaluaron el uso de aceite de coco como estrategia en la producción de biocombustibles.

Una investigación en Malasia demostró que una mezcla con 30% de biodiesel de aceite de coco y diésel convencional en motores de combustión, produce una mayor potencia de frenado y una tasa neta de liberación de calor con una reducción neta en las emisiones de escape como HC, óxidos de nitrógeno (NO_x), CO, humo e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), en comparación con diésel sin mezclar [11].

En un estudio similar se emplearon diferentes mezclas de biodiesel convertidas a partir de aceite de coco y se analizó su rendimiento en un pequeño motor diésel. Se encontró que el biodiesel tiene propiedades ligeramente diferentes que el diésel y que es capaz de hacer funcionar un motor sin dificultad. Incluso, fue posible realizar una comparación del rendimiento del motor para diferentes mezclas de biodiesel y así determinar la combinación óptima en diferentes condiciones de operación [12].

El biodiesel resulta ser un combustible alternativo con buenos resultados para el funcionamiento de motores y calderas, con beneficios ambientales al reducir las emisiones totales netas de CO₂ [13].

Basado en estos señalamientos, así como en la necesidad de buscar alternativas energéticas, capaz de sustituir y minimizar el consumo de combustibles fósiles, surgió el presente trabajo con el propósito de obtener biodiesel a partir de aceite de coco. Para ello se extrajo el aceite de coco, el cual posteriormente se empleó para llevar a cabo una reacción de transesterificación. La información obtenida a escala de laboratorio, permitió realizar un balance de masa y con ella calcular el rendimiento del proceso para la producción de combustible con el procedimiento empleado.

2. Materiales y métodos

Inicialmente se adquirió el fruto en un mercado local de la ciudad de Portoviejo, Ecuador. Para ello se seleccionaron cocos secos (cuando su coloración se torna café), por ser allí cuando está listo para ser procesado y extraer el aceite [14].

2.1 Extracción del aceite de coco

Para la extracción de aceite de coco se siguió el procedimiento descrito por Dasilva y otros (2017) [14], que comenzó con el corte de la corteza, para retirar el agua y la pulpa. Tanto la corteza como la pulpa se pesaron en una balanza analítica Sartorius Modelo CP2245 y esta última se cortó en pequeños trozos. La humedad presente en la pulpa de coco, se determinó usando una termobalanza Boeco Germani modelo BMA I50.

A continuación, se redujo el tamaño de partícula para lo cual se colocó la pulpa junto con el agua de coco anteriormente extraída, en un triturador mezclador Oster modelo 465-42 (figura 1). La mezcla resultante conocida como leche de coco,

se filtró para separar en su totalidad la parte líquida de la pulpa sólida.



Figura 1. Reducción de partícula de la pulpa coco.

Una vez realizado dicho proceso, toda la mezcla obtenida se dejó en reposo durante 24 horas para separar la grasa del agua contenida en la leche de coco. La grasa recuperada se trasladó a una placa de calentamiento Thermo Scientific Modelo SP-131325 y con constante agitación, se logró evaporar el agua que aún se encontraba presente (figura 2).



Figura 2. Evaporación del agua en la grasa del coco.

El rendimiento del proceso se determinó a partir de la cantidad de aceite obtenida en relación a la pulpa utilizada [15], usando para ello la ecuación (1):

$$\%Rendimiento = \frac{\text{masa aceite extraída}}{\text{masa muestra utilizada}} \times 100\% \quad (1)$$

Con el método UNE-EN ISO 660:2010 [16] se determinó el grado de acidez y el índice de acidez al aceite extraído, con las ecuaciones (2) y (3) respectivamente.

$$\%Ac = \frac{C_T \times N_t \times MeQ}{\text{Volumen o peso muestra}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Índice de acidez} = \%Ac \times 1,99 \quad (3)$$

Donde %Ac es porcentaje de acidez, C_T corresponde al consumo del titulante, N_t normalidad del titulante, el MeQ al mili equivalente del analito.

2.2 Producción de biocombustible

Siguiendo la metodología descrita por Gutiérrez et. al (2015) [5] se procedió a obtener el biocombustible. Para ello se pesó 176,9 g del aceite extraído, 1,77 g de hidróxido de sodio (NaOH) y 22,8 g de metanol (CH_3OH). Con la ayuda de un mortero y pistilo se trituró el hidróxido de sodio, se añadió el metanol y con una varilla de agitación se homogenizó hasta formar el metóxido.

El aceite pesado y el metóxido formado se traspasaron a un matraz kitasato el cual se conectó a un tubo condensador y se colocó en una placa de calentamiento con agitación durante 60 minutos (figura 3), cuidando que la temperatura no sobrepasara los 60°C . Pasado el tiempo señalado, se observó que se llevó a cabo reacción de transesterificación.



Figura 3. Vertido de metóxido y aceite en kitasato. Fuente: Autor

Posteriormente se retiró el matraz de la placa, se separó del tubo condensador y se sometió a enfriamiento durante cinco minutos a temperatura ambiente. La reacción del aceite y el metóxido se trasladó a un embudo de decantación donde se dejó reposar por 24 horas y pasado este tiempo, se observó en la parte inferior del embudo la glicerina formada por la reacción de transesterificación y en su parte superior el biocombustible (figura 4).



Figura 4. Productos formados en el embudo de decantación.

Con el propósito de limpiar el biocombustible obtenido y eliminar las trazas de glicerina e hidróxido de sodio sin reaccionar, se realizaron seis lavados con agua caliente (50 °C) vertiendo para ello el agua en alícuotas de 100 mL cada una, sobre el decantador donde yacía el biodiesel. Finalmente, el biocombustible se retiró del decantador y se colocó en un vaso de precipitado. Para retirar el agua presente, se llevó a un horno de calentamiento y secado Memmert Modelo SN 55, durante 84 minutos a una temperatura de 96,2 °C. Cumplido el tiempo, el biocombustible se dejó enfriar, se pesó y se traspasó a un recipiente de vidrio el cual se procedió a rotular. De la misma manera, se procedió a pesar, envasar y rotular la glicerina obtenida (figura 5).



Figura 5. Biocombustible y glicerina envasados y rotulados.

El porcentaje de biodiesel obtenido se cuantificó a partir de la cantidad de aceite obtenida por cantidad de aceite consumida en la reacción [7]. La ecuación (4) se utilizó para calcular el % de rendimiento de la reacción.

$$\% \text{ Rendimiento bio} = \frac{\text{masa biodiesel}}{\text{masa aceite}} \times 100\% \quad (4)$$

2.3 Balance de masa del proceso estudiado

Para la determinación cuantitativa de los productos formados en cada etapa del proceso realizado, se procedió a realizar un balance de masa [17], en donde se aplicó la ecuación (5) de la ley de la conservación de la masa en estado

estacionario con reacción química en la etapa de transesterificación (figura 6).

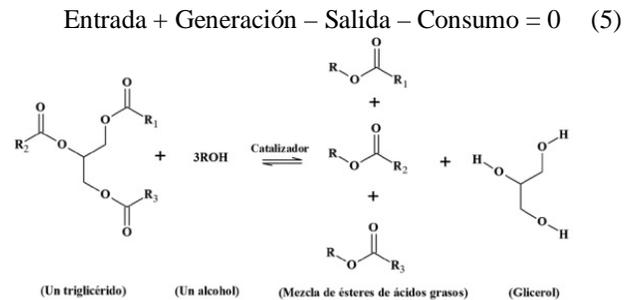


Figura 6. Reacción de transesterificación.

Fuente: Castellar et al. (2014) [18]

3. Resultados y discusión

El proceso de extracción de aceite de coco quedó conformado por las operaciones unitarias: Pelado, mezclado – triturado, filtrado y evaporación (figura 7), donde se representa el valor de cada flujo másico m_i , además de las fracciones másicas X_i . Para este último, X_{ag} es la fracción másica del agua, X_p de la pulpa, X_{cas} de la cáscara y X_{ac} del aceite. Con los datos experimentales, se procedió a encontrar a través de balance de masa las corrientes desconocidas y las respectivas fracciones másicas.

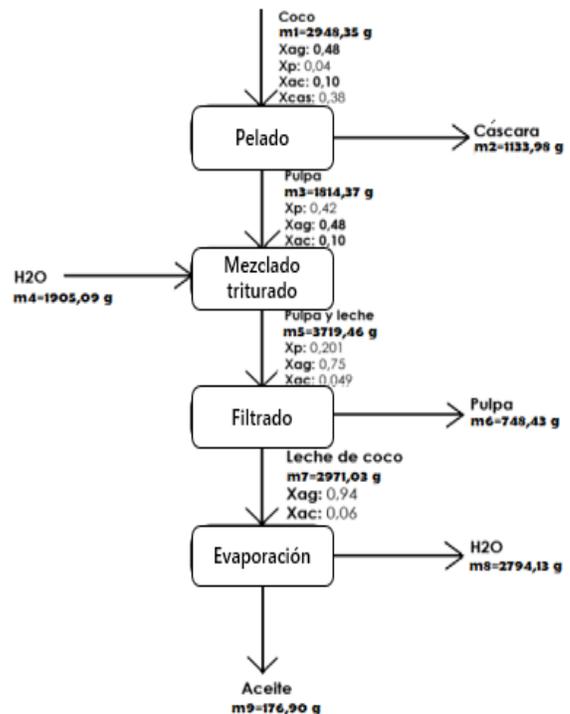


Figura 7. Diagrama de bloques para la extracción de aceite de coco.

Con una alimentación de 2948,35 g de pulpa de coco se obtuvieron 176,90 g de aceite que, de acuerdo a (1) representa un 6% de rendimiento. Este valor resulta ser bajo, si se compara con lo obtenido por Gómez et. al. (2018) [19], que fue de 29,09%. Tal diferencia pudo estar influenciada por la temperatura de trabajo en la extracción, la cual fue de 80 ± 5 °C, además del tipo de filtración usada que fue de membrana, con el cual se pueden aumentar los niveles de rendimiento. Esto coincide con lo reportado por Rivera et. al [20], quienes consiguieron rendimientos que variaron de 6,10% a 38,8%, dependiendo del solvente usado en la extracción (acetato de etilo y hexano) y de la temperatura de trabajo utilizada. De este modo, se evidencia que el rendimiento en la extracción del aceite de coco está influenciado por las condiciones operacionales bajo la cual se lleva a cabo.

Con las ecuaciones (2) y (3) se determinó el porcentaje de acidez y el índice de acidez, que fueron de 0,18% y 0,36 mg KOH/g grasa, respectivamente. Se ha comprobado que para llevar a cabo la reacción de metanolisis básica, se requiere que los valores de acidez sean menores al 3% [21]. Además la baja acidez encontrada para el aceite de coco, favorece la eficiencia en la conversión a biodiesel [7].

En cuanto al proceso para la obtención de biodiesel, quedó representado por un diagrama de bloques (figura 8), cuyas operaciones unitarias fueron: transesterificación, decantación y evaporación. Los valores de las corrientes quedaron expresadas en moles (n_i) y sus composiciones en fracciones molares (Y_i); donde, Y_{sod} representa la fracción de sodio, Y_{met} del metanol, Y_{ac} del aceite y Y_{ag} del agua. Las fracciones del biocombustible (Y_{bio}) y de la glicerina (Y_{gli}). Los cálculos fueron expresados en moles por incluir un proceso químico, para lo cual fue necesario transformar las cantidades máxicas a moles haciendo uso de la masa molar de cada especie química.

A partir de 0,39 lb de aceite de coco y 5,26 lb de metóxido se obtuvieron 0,36 lb de biocombustible. Usando (4) se conoció que el rendimiento de este proceso fue de 92,31%. El rendimiento en la obtención del biodiesel se favoreció por la temperatura de operación y tiempo de reacción empleado. Guarenas y Chirinos (2007), señalan que se obtiene mayor porcentaje en la conversión del éster cuando se trabaja a temperatura 60 °C y con tiempos de reacción de 60 min [7].

Resultados entre 78,88% y 83,26% fueron encontrados por Guarenas y Chirinos [7], al trabajar con proporciones similares entre el aceite de coco y el metóxido y bajo parecidas condiciones de operación. De la misma manera, Avellaneda [22] alcanzó un rendimiento de 86,60% en la producción de biodiesel de palma y de aceite reciclado al trabajar con relación molar metanol: aceite de 6:1, evidenciando que se trata de un parámetro de influencia en el rendimiento de la reacción de transesterificación y por ende, en la cantidad producida de biodiesel.

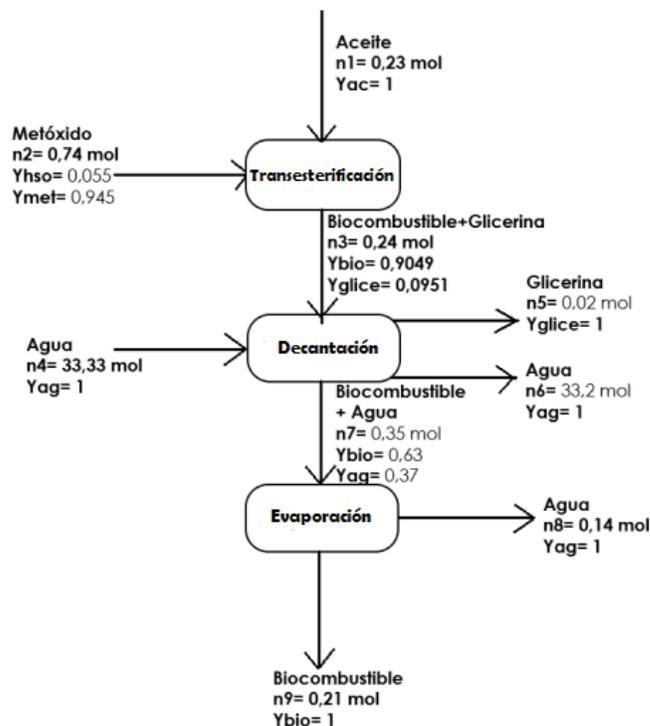


Figura 8. Diagrama de bloques para la obtención de biodiesel.

4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos experimentalmente durante los procesos de extracción de aceite de coco y posterior obtención de biocombustible, se dedujo que el proceso estudiado representa una alternativa viable para la producción de combustibles sustitutos a los convencionales que contribuyan con la conservación del medio ambiente. Aunque el rendimiento de la extracción del aceite de coco fue de 6%, su porcentaje de acidez inferior al 3%, favoreció la obtención de biodiesel cuyo rendimiento fue superior al 90%, siendo este un resultado promisorio y de interés para ser estudiado desde el punto de vista económico con el objetivo de ser escalado a nivel industrial.

REFERENCIAS

- [1] F. Perera, "Pollution from fossil-fuel combustion is the leading environmental threat to global pediatric health and equity: Solutions exist," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 16, pp. 1–17, 2018.
- [2] M. S. Dresselhaus and I. L. Thomas, "Alternative energy technologies," *Nature*, vol. 414, pp. 332–337, 2001.
- [3] K. Bozbas, "Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 2, pp. 542–552, 2008.
- [4] P. Martin, *Grow fuel: Biodiesel in the practice*. 2008.
- [5] C. C. Gutiérrez J., Miranda J. A., Palacios R., "Producción de combustible Biodiesel alternativo sustentable con biomasa y aceite de coco," *Rev. Energía Química y Física*, vol. 2, no. 3, pp.

- 330–337, 2015.
- [6] C. N. Tejada *et al.*, “Alternativas para la obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales - coco, almendras, ajonjolí y marañón,” in *Memorias del IV Simposio de Química Aplicada – SIQUIA 2009*, 2009, p. 8.
- [7] A. Guarenas M. and A. Chirinos, “Producción de Biodiesel de aceite de coco artesanal de una población del Estado Falcón,” *PROSPECTIVA*, vol. 5, no. 2, pp. 16–23, 2007.
- [8] M. M. Villadiego, Y. O. Roa, and L. T. Benítez, “Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel,” *Luna Azul*, vol. 40, pp. 25–34, 2015.
- [9] I. E. Medina R., N. A. Chávez V., and J. Jáuregui R., “Biodiesel, un combustible renovable,” *Investig. Cienc.*, vol. 20, no. 50, pp. 62–70, 2012.
- [10] D. Granados Sánchez and G. F. López Ríos, “Manejo de la palma de coco (cocos nucifera L.) en México,” *Rev. Chapingo Ser. Ciencias For. y del Ambient.*, vol. 8, no. 1, pp. 39–48, 2002.
- [11] M. A. Kalam, M. Husnawan, and H. H. Masjuki, “Exhaust emission and combustion evaluation of coconut oil-powered indirect injection diesel engine,” *Renew. Energy*, vol. 28, no. 15, pp. 2405–2415, 2003.
- [12] M. A. Hossain, S. M. Chowdhury, Y. Rekh, K. S. Faraz, and M. U. Islam, “Biodiesel from coconut oil: a renewable alternative fuel for diesel engine,” *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 68, no. 8, pp. 1289–1293, 2012.
- [13] C. Carraretto, A. Macor, A. Mirandola, A. Stoppato, and S. Tonon, “Biodiesel as alternative fuel: Experimental analysis and energetic evaluations,” *Energy*, vol. 29, no. 12–15, pp. 2195–2211, 2004.
- [14] C. Dasilva, F. Restrepo, I. Peralta, M. Vásquez, M. Portuna, and Y. Arango, “Extracción de aceite de Coco (Cocos nucifera) como estrategias de aprovechamiento de los productos locales de Mitú,” *Vaupés Innova*, vol. 1, pp. 82–89, 2017.
- [15] C. Hernández and A. Mieres P., “Extracción y purificación del aceite de la almendra del fruto de la palma de corozo (Acrocomia aculeata),” *Rev. Ing. UC*, vol. 12, no. 1, pp. 68–75, 2005.
- [16] Norma UNE-EN ISO 660:2000, “Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez.” Madrid, 2000.
- [17] R. M. Felder and Ronald W. Rousseau, *Principios elementales de los procesos químicos*, vol. 33. 2004.
- [18] G. C. Castellar O., E. R. Angulo M., and B. M. Cardozo A., “Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos,” *Prospectiva*, vol. 12, no. 2, pp. 90–104, 2014.
- [19] M. Gómez-Matos, M. González-Pérez, Y. García-Hernández, R. Vicente-Murillo, V. L. González-Canavaciolo, and C. Rodríguez-Martínez, “Caracterización de aceite extraído del fruto de Cocos nucifera obtenido a escala de laboratorio Characterization of oil extracted from Cocos nucifera fruit obtained at laboratory scale,” *CENIC Ciencias Químicas*, vol. 49, pp. 1–13, 2018.
- [20] J. R. Rivera H., J. M. Lomelí S., L. Román S., and F. Vera F., “Extracción de aceite de coco a partir de la copra por medio de disolventes químicos,” *Concienc. Tecnológica*, vol. 17, 2001.
- [21] P. N. Benjumea H., J. R. Agudelo S., and G. J. Cano, “Estudio experimental de las variables que afectan la reacción de transesterificación del aceite crudo de palma para la producción de biodiesel,” *Sci. Tech.*, vol. 10, no. 24, pp. 169–174, 2004.
- [22] F. A. Avellaneda Vargas, “Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal,” *Universitat Rovira I Virgili*, 2010.

Diseño y control de un robot de cuatro patas

Design and control of a four-leg robot

Fernando Lezcano¹, Celine Quintero¹, Pedro de la Torre¹, Victoria Serrano^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá

²Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Se ha propuesto resolver la problemática del transporte de objetos a nivel doméstico utilizando un robot de cuatro patas, y en este caso se trabajó con una tarjeta Arduino. Se ha planteado si es posible crear un robot de cuatro patas que funcione a nivel doméstico, para lo cual se busca que camine y que pueda ser controlado. En esta investigación se describen los enfoques de cómo debe ser la estructura en términos de mecánica, y la programación de la placa Arduino para que el robot cumpla su misión. También se plantean los problemas que surgieron sobre el robot como la estabilidad y su control, y esto ha dado diferentes giros a la investigación, lo que lleva a incluir también factores como el ángulo al que se moverán los motores y el material para la estructura final de las patas, para que tenga la resistencia suficiente para cargar o transportar diferentes objetos. Además, se presentan los componentes que se deberán incluir tanto, a la estructura, como a los softwares con los que trabajamos.

Palabras clave Robot, Arduino, servomotor, robot de cuatro patas.

Abstract It has been proposed to solve the problem of transporting objects at the domestic level using a four-legged robot, and in this case we worked with an Arduino board. It has been considered whether it is possible to create a four-legged robot that works at the domestic level, for which it seeks to walk and that it can be controlled. This research describes the approaches of how the structure should be in terms of mechanics, and the programming of the Arduino board for the robot to fulfill its mission. The problems that arose about the robot such as stability and its control are also raised, and this has given different twists to the investigation, which leads to also include factors such as the angle at which the motors will move and the material for the final structure of the legs, so that it has enough resistance to load or transport different objects. In addition, the components that must be included, both the structure and the softwares with which we work, are presented.

Keywords Robot, Arduino, servomotor, four-legged robot.

* Corresponding author: victoria.serrano@utp.ac.pa

1. Introducción

En el diario vivir existen personas que por diferentes circunstancias carecen de la capacidad de cargar objetos. Esto nos lleva a la siguiente pregunta: ¿Será posible resolver esto con la robótica actual? A través de los años se han hecho estudios para mejorar el movimiento de los robots de cuatro patas, entre ellos, se desarrolló una tesis que plantea los conceptos básicos para un robot de cuatro patas, y esquematiza cómo debe ser el desarrollo de los pasos que da [1]. A través de un análisis, se concluye que existen muchos problemas en robots de este tipo, dado que consumen mucha energía y debido a su considerable peso, se disminuye su velocidad y eficiencia [2]. En otro estudio se presenta el movimiento de las patas del robot y se llega a la conclusión de que el movimiento de éste es un poco complicado, ya que la cinemática que estos cuerpos tienen depende considerablemente de la coordinación de las diferentes patas y cómo se mueve cada una individualmente [3]. Koo y Yoon obtuvieron un algoritmo para investigar los efectos de la inercia y la dinámica en un robot de cuatro patas [4]. Freeman y Orin crearon una simulación eficiente acerca de cómo se mueve un robot de cuatro patas [5].

Liu y Song crearon un modelo eficiente de cómo camina un robot de cuatro patas, basado en la dinámica, estabilidad y ahorro de energía [6]. Marhefka y Orin trabajaron en una programación utilizando motores DC para disminuir el consumo de energía de dichos motores [7]. Adicionalmente, se ha encontrado que la fricción en el robot puede ser disminuida con arreglos en la estructura, para aumentar la eficiencia y disminuir la pérdida de energía [8].

El movimiento de las patas de los robots, específicamente los de cuatro patas puede ser de dos formas: una en la que cada pata se mueve individualmente, y otra en la que se mueve primero el par delantero y luego el par trasero o viceversa [9]. En general, los estudios hasta el momento se han enfocado en las condiciones y características del movimiento de los robots de cuatro patas y en cómo lograr la eficiencia y movilidad deseada. También se ha analizado las estructuras, materiales y las posibles programaciones para un robot con un movimiento adecuado y preciso. En el pasado se han hecho múltiples investigaciones sobre los robots de cuatro patas y han arrojado diferentes resultados, pero no se ha logrado crear robots de esta magnitud y función utilizando tarjetas de bajo costo como

Arduino. Adicionalmente, hasta el momento no se presenta ningún estudio en el que el robot transporte objetos, o se desempeñe a nivel doméstico. Las investigaciones previas se basan en generar un movimiento eficaz. Sin embargo, nuestro enfoque no es el movimiento del robot, sino en su función y utilidad. Por lo tanto, este estudio preliminar muestra qué ángulo de orientación deben tener las patas del robot, así como los materiales recomendados para lograr que el robot no pierda estabilidad, a la vez que sea capaz de transportar objetos a nivel doméstico, utilizando herramientas de bajo costo. Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan las técnicas empleadas, tanto en diseño como en la programación del robot de cuatro patas. La sección 3 muestra los resultados del estudio para lograr que el robot caminara. La sección 4 describe algunas recomendaciones para lograr la estabilidad del robot, mientras que la sección 5 presenta las conclusiones de este estudio.

2. Técnicas empleadas

Para el desarrollo del robot se utilizaron diferentes técnicas y métodos, tanto para crear la programación como para el montaje de la estructura.

2.1 Diseño

Primeramente, se diseñó un bosquejo o esquema a mano, de las partes que se imprimieron, ya que luego se pasaron a crear en el *software* de dibujo en 3D (SolidWorks versión 2017).

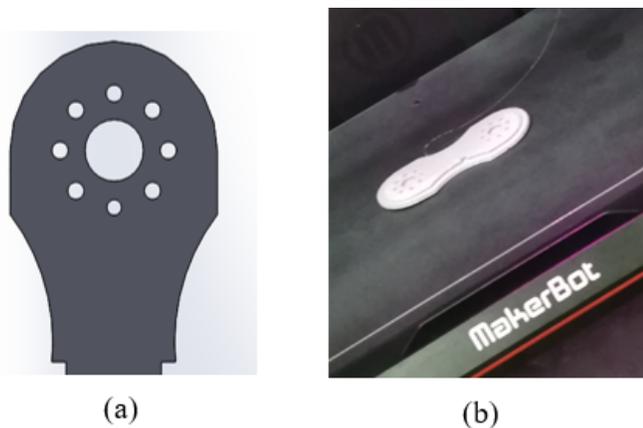


Figura 1. Articulación para unir el motor a las patas (a) diseño en el *software*, (b) impresión en 3D.

Estas piezas fueron las cuatro bases de la pata (feet) o pierna mecánica como se muestra en la figura 1. Para las articulaciones superiores se utilizaron cuatro partes que conectaron la pata al servomotor, como se muestra en la figura 2, y que permitió que los servomotores realizaran su movimiento para que el robot pudiera caminar.

Se buscó un soporte que funcionó como un cargador de objetos y este necesitó tener todas las características necesarias para que el robot pudiera caminar bien, ya que el mismo no podía ser pesado ni tan frágil. De otro modo, esto impediría que

el robot se moviera adecuadamente y realizara su función para cargar objetos.

Por último, se añadió una superficie, que tapara todo el sistema de cableado, ya que, si este quedaba desprotegido, la programación podría efectuarse.



Figura 2. Las piezas impresas en 3D unidas a la estructura de aluminio.

2.2 Programación

Se creó una programación utilizando la versión 1.8.2 de Arduino en conjunto con una tarjeta Arduino Mega. Dicha programación debía permitir que el robot pudiera caminar uniformemente como debe hacerlo un perro, hacia adelante y hacia atrás. Así mismo debía poder encender un led RGB, el cual mostraba tres colores (verde, azul y rojo), de acuerdo con la función que se estaba realizando. Estas funciones fueron, encendido, caminando y apagado, respectivamente. Finalmente, fue incluido el uso del control remoto (modelo AX1838HS) que al apretar los botones (ok= enciende, *= se apaga, -->= avanza, 1 3 5 7= levantar pata, 2 4 6 8= bajar pata). La figura 3 muestra la programación usando Arduino para la conexión de pines que se muestra en la figura 4.

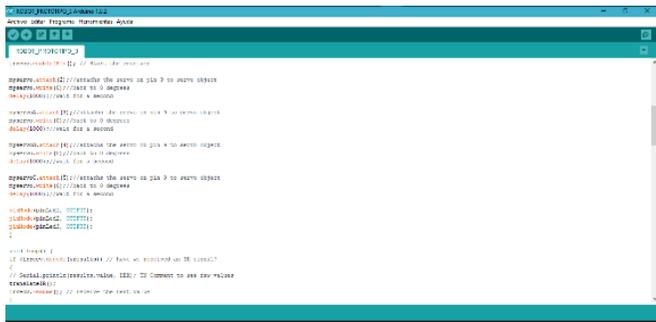


Figura 3. Programación del robot en Arduino.

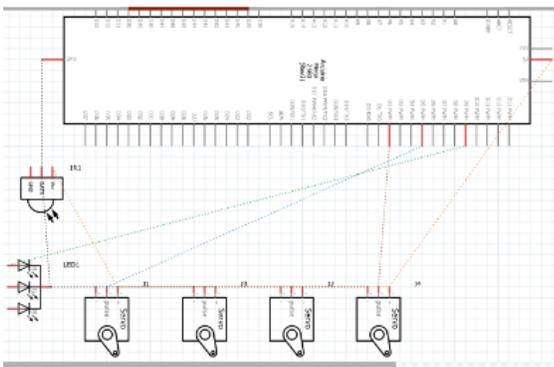


Figura 4. Esquema de las conexiones del Arduino y sus componentes.



Figura 5. Primer montaje de los componentes del Arduino, desde los servos hasta el control remoto.

Finalmente, después de la creación del programa, se procedió a pruebas físicas con el Arduino armado con sus componentes como se ve en la figura 5.

2.3 Montaje

Se armó el cuerpo del robot utilizando las diferentes partes que se imprimieron en la impresora 3D. Además, se tuvieron que crear otras partes de aluminio manualmente (piernas y cuerpo). Se adaptaron las cuatro piernas con los servos motores a la coraza que fue utilizada como el cuerpo, y luego se incorporó dentro de esta, la placa Arduino. Esta última etapa fue ensamblada con mucho cuidado para que los cables no se soltaran. Por último, se protegió con otra base la placa para crear una segunda superficie y que esta fuera la definitiva en donde se alojaran los objetos a transportar.

Los componentes 3D se unieron a los cuatro servomotores utilizando alambre dulce y soldadura tal como se muestra en la figura 6. Una vez el robot estuvo completamente ensamblado, como se muestra en la figura 7, se procedió a trabajar en el movimiento de este para determinar su semejanza a un cuadrúpedo.

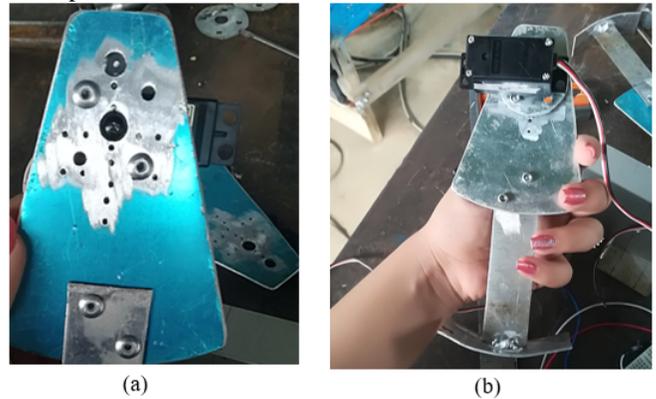


Figura 6. Unión del fémur (servomotor) a las patas del primer prototipo armado, (a) solo la estructura, (b) estructura unida al servomotor.

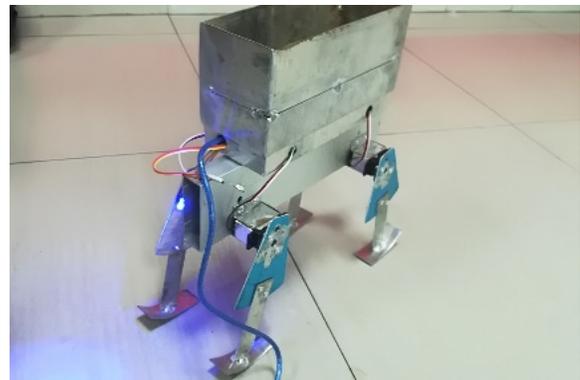


Figura 7. Robot finalizado.

3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados en las diferentes etapas del proyecto.

3.1 Omisión de componentes

A través de diferentes pruebas en la programación se determinó conveniente eliminar algunos componentes del planteamiento inicial, como el sensor de distancia y el zumbador. El zumbador era un accesorio adicional para darle algo de vistosidad al robot, pero para este prototipo inicial se vuelve algo innecesario. En cuanto al sensor de distancia, es mejor que sea controlado por control remoto dado que es a nivel doméstico. Además, el mismo presentó problemas en la programación, debido a que en diferentes pruebas en las que se contemplaba la utilización de ambos componentes (control y sensor de distancia), presentaba múltiples fallas, como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Resultado de fallas obtenidas al utilizar control remoto y sensor de distancia.

3.2 Relación entre el ángulo del servo y la movilidad

Primeramente, para lograr un movimiento fue necesario determinar aproximadamente en qué ángulos se generaba movimiento y en cuál no. A través de pruebas determinamos que el rango de ángulos que generaban el movimiento en las patas del robot estaba entre 30° y 60° .

Como se muestra en la figura 9, de 60° en adelante se restringe el movimiento, ya que para esos casos la parte superior de la pata empezaba a rozar o chocar con la coraza (cuerpo) del robot. Los ángulos menores a 30° , por otra parte, no generaban un movimiento lo suficientemente fuerte para que las patas se movieran. Por lo tanto, el ángulo para que el robot se mueva está entre 30° a 60° .

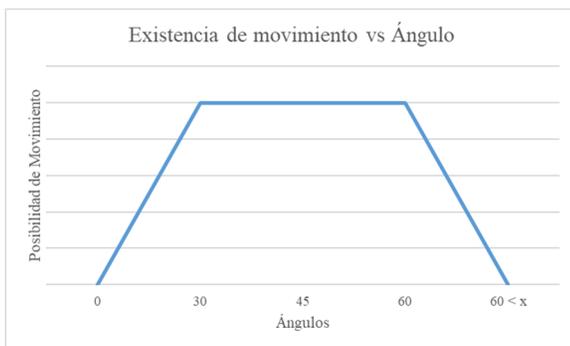


Figura 9. Existencia de movimiento en el robot. A medida que el ángulo aumenta, para ángulos mayores a 60° , no se mueve debido a que la pata choca con el cuerpo del robot.

3.3 Determinación del ángulo para el movimiento del robot

Conociendo que el ángulo debe estar entre 30° y 60° , se determina que el ángulo ideal para que el robot se mueva de la mejor forma posible es de 45° .

3.3.1 Observaciones por ángulo

Ángulo de 30° :

El ángulo se presta para el movimiento, pero no le brinda la suficiente capacidad a la pata para tocar bien el piso, por lo que no es suficientemente estable.

Ángulo de 45° :

Al estar en el punto medio del rango de movilidad, permite que el movimiento sea más preciso y el robot tenga más estabilidad.

Ángulo de 60° :

El ángulo es demasiado grande y se presta mucho para la falta de equilibrio en las patas.

3.4 Resistencia de las articulaciones de las patas

Se utilizaron distintos materiales para la fabricación de las patas (articuladas y rectas), para determinar cuál era material y la forma más firme y resistente para sostener el cuerpo del robot.

La figura 10 muestra algunas de las pruebas de las patas en el prototipo del robot. Las articulaciones se crearon con un componente 3D, goma caliente, y cinta adhesiva. En la práctica falló, por lo que se decidió utilizar una sola estructura de aluminio para las patas para brindar mayor estabilidad del robot. Al final, demostramos que el mejor material para este prototipo es el aluminio dado su resistencia y peso.

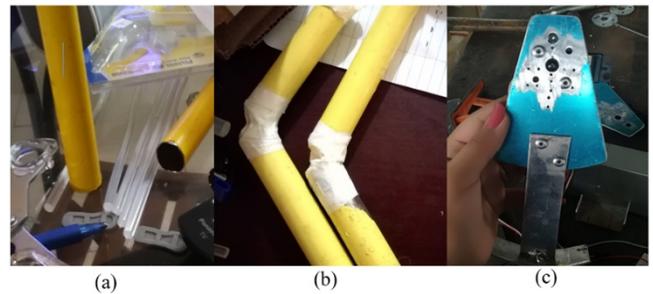


Figura 10. Materiales utilizados para la fabricación de las patas del robot. (a) patas de aluminio sin unión de articulaciones, (b) Patas articuladas que no resistieron el peso de la caja para transportar objetos, (c) Patas del prototipo final.

La figura 11 muestra el robot completamente ensamblado, cuya programación permitió que el mismo avanzara de modo que pueda transportar objetos domésticos en el compartimiento superior.

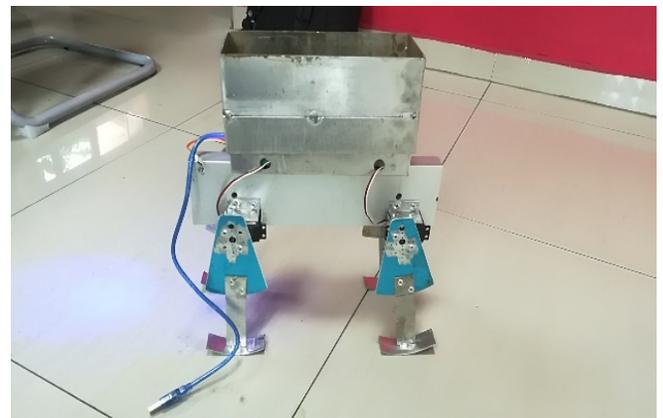


Figura 11. Prototipo del robot finalizado demostrando su estabilidad y utilidad para el transporte de objetos domésticos.

4. Recomendaciones

Basados en las dificultades y limitaciones durante el transcurso de la investigación se recomienda que:

- Se debe considerar que el robot tenga dos servomotores por pata, brindándole dos articulaciones, una en la parte superior y otra en la mitad de la pata. Será más complicada su programación, pero se obtendrá un mayor control para el movimiento del robot.
- Entre mayor sea el peso del robot, el torso debe ser más ancho y las patas más gruesas, de modo que el centro de gravedad del robot no lo haga perder el equilibrio.
- La forma de la terminación de las patas debe ser apropiada para el terreno en el que se va a usar el robot, de modo que entre más liso es el terreno, más tracción debe tener la pata.

5. Conclusiones

Hoy en día la robótica avanza a pasos agigantados. Hemos comprobado que se puede fabricar un robot de cuatro patas para el transporte de objetos a nivel doméstico con materiales de bajo costo. Para ello, es importante tomar en cuenta, tanto los materiales utilizados, como el ángulo de orientación de las patas para evitar que el robot pierda el equilibrio al momento de realizar un movimiento.

Se espera que en un futuro se trabaje en crear robots de este tipo con más articulaciones y movilidad, que puedan ser accesibles a nivel doméstico y desempeñen diferentes funciones. También se busca que en un futuro se logre crear robots que se muevan en múltiples direcciones.

REFERENCIAS

- [1] J. Chestnutt, *Navigation Planning for Legged Robots*, 1st ed. The Robotics Institute (Carnegie Mellon University) Pittsburgh, Pennsylvania, 2008, pp. 8, 65-70.
- [2] "Legged robots – an overview", *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, pp. pp. 185–202, 2007.
- [3] "Dynamics and Optimal Feet Force Distributions of a Realistic Four-legged Robot", *International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, vol. 1, no. 4, pp. pp. 223~234, 2012.
- [4] T.W. Koo, Y.S. Yoon, "Dynamic instant gait stability measure for quadruped walking," *Robotica*, vol. 17, pp. 59- 70, 1999.
- [5] S. Freeman, D. E. Orin, "Efficient dynamic simulation of a quadruped using a decoupled tree-structure approach," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 10(6), pp. 619-627, 1991.
- [6] B.S. Lin, S.M. Song, "Dynamic modeling, stability and energy efficiency of a quadrupedal walking machine," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 367-373, 1993.
- [7] D. W. Marhefka, D.E. Orin, "Quadratic optimization of force distribution in walking machines," *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Lueven, Belgium, pp. 477–483, May, 1998.
- [8] D.C. Kar, K. Issac, K. Jayarajan, "Minimum energy force distribution for a walking robot," *Journal of Robotic Systems*, vol. 18(2), pp. 47-54, 2001.
- [9] Robotplatform.com. (2018). Robot Platform | Knowledge | Wheeled Robots. [online] Available at: http://www.robotplatform.com/knowledge/Classification_of_Robots/legged_robots.html [Accessed 7 Apr. 2018].

Propuesta de modelo para el emprendimiento de base universitaria a través del estado del arte

Proposal of a model for university-based entrepreneurship through the state of art

Ana Patricia Benavides Díaz,^{1*} Dalys Guevara²

¹Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial, Campus Víctor Levi Sasso, Universidad Tecnológica de Panamá

²Facultad de Ingeniería Industrial, Campus Víctor Levi Sasso, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En la actualidad, las naciones a nivel mundial se encuentran afectadas por una creciente recesión económica que trae desempleo y desmejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones. Como respuesta a estos problemas, los economistas proponen el emprendimiento como una alternativa altamente beneficiosa; el cual no solamente amplía la cantidad de plazas de trabajo, sino que, a su vez, sirve para brindar soluciones alternas que satisfacen las necesidades de las comunidades que actualmente se encuentran cubiertas y, muchas veces, generar ideas que solucionen aquellas que no eran atendidas antes. Esta investigación tiene como objetivo elaborar un “estado del arte” sobre el emprendimiento de base universitaria, haciendo un enfoque en la relación que existe entre la educación superior y el emprendimiento. Para esto, se desenvuelven como temas centrales, el desarrollo de las habilidades emprendedoras por medio de programas y modelos de enseñanza, las motivaciones principales que llevan a los individuos a crear proyectos emprendedores y los factores que influyen en la decisión del individuo de emprender o no. Además de esto, se propone un modelo que puede ser validado en la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) para desarrollar una cultura emprendedora entre los estudiantes y promover la generación de ideas innovadoras, con miras a la creación de nuevas empresas.

Palabras clave Educación emprendedora, emprendimiento, emprendimiento de base universitaria, espíritu emprendedor, universidades emprendedoras.

Abstract Nations around the world are being affected by the current economic recession that brings with it unemployment and the deterioration of the quality of life of the populations. In response to these problems, economists suggest entrepreneurship as a highly beneficial alternative, since it not only increases the number of jobs, but also serves to provide alternative solutions that satisfy the needs of the communities that are currently covered, and even generate ideas that solve those that were not addressed before. This research aims to develop a State of Art on entrepreneurship, emphasizing the relationship between higher education and entrepreneurship. For this, the development of entrepreneurial skills through programs and teaching models, the main motivations that lead individuals to develop an entrepreneurial project and the factors that influence the decision of the individual to undertake or not, are developed as central themes. In addition, a proposal of a model that can be implemented at the Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) to develop an entrepreneurial culture among students and promote the generation of innovative ideas is presented.

Keywords Entrepreneurial education, entrepreneurship, entrepreneurial universities, entrepreneurial spirit, university-based entrepreneurship.

*Corresponding author: anapatriciabd@gmail.com

1. Introducción

Las naciones actuales se ven afectadas por distintos problemas en el ámbito económico y social. Uno de estos, es el incremento de la tasa de desempleo, fenómeno que afecta a la población a nivel mundial y trae consigo el aumento de la pobreza dentro de los países. De manera proporcional, el aumento del desempleo incrementa la recesión económica. A esto se le suma la falta de innovación, lo cual admite que se dé la monopolización de los mercados y se pierda la oportunidad de encontrar soluciones más

óptimas y amigables, para el ambiente y los consumidores, para las necesidades que existen. El emprendimiento es considerado una herramienta muy poderosa y sirve para solucionar estos problemas que se presentan. Muchas universidades en distintos lugares del mundo han adoptado programas y métodos de enseñanza para desarrollar una cultura emprendedora en sus estudiantes, con el fin de cumplir su misión con la sociedad de mejorar la economía nacional y brindar una mejor calidad de vida para los habitantes. Existe una relación indiscutible entre la educación superior y el

emprendimiento, ya que gracias a los conocimientos que son adquiridos en la primera, se desarrollan las ideas que permiten que se dé un emprendimiento exitoso.

Este proyecto tuvo como finalidad elaborar un “estado del arte” sobre el emprendimiento de base universitaria, con un enfoque en los factores que afectan la decisión del individuo hacia el emprendimiento, las motivaciones que lo llevan a generar un proyecto emprendedor y los modelos y programas de enseñanza utilizados para desarrollar las habilidades conceptuales, técnicas y blandas necesarias para poner en marcha una idea innovadora.

Luego de esto, se presenta una propuesta sobre el programa de emprendimiento que debe llevarse para crear una cultura emprendedora dentro de la comunidad estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá.

1.1 Objetivo

Proponer un modelo que contribuya a generar una cultura emprendedora de base universitaria y que pueda ser aplicado en la Universidad Tecnológica de Panamá.

2. Marco teórico

2.1 Evolución del concepto de emprendimiento

El emprendimiento es una característica que ha acompañado al hombre desde el origen de la humanidad, aunque en ese momento el término no había sido definido. Esta palabra apareció por primera vez en la literatura económica gracias a Richard Cantillon, quien la definió como “el agente que compra los medios de producción a ciertos precios y los combina en forma ordenada para obtener allí un nuevo producto” [1]. Al pasar de los años, el término se ha nutrido con distintos matices, como el reconocimiento del emprendedor como un individuo que sabe tomar riesgos, identificar las oportunidades del mercado y promover la creación de innovaciones.

2.2 Importancia del emprendimiento en la actualidad

Al pasar de los años, el concepto de emprendimiento ha tomado más importancia debido al incremento del desempleo, la crisis de la economía de los países y la necesidad del mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Según el Banco Mundial de Datos, hasta el año 2016, países de Latinoamérica como Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Panamá y Perú presentaron un aumento en el registro de empresas, demostrando que cada día más personas toman la decisión de abrir sus propios negocios [2]. Sin embargo, aunque el registro de nuevas empresas vaya en incremento, esto no indica que las mismas aportan una solución para los problemas de desempleo y pobreza, ya que no se asegura que las mismas resulten exitosas.

En la actualidad, los países del primer mundo se encuentran trabajando en el desarrollo de productos y servicios innovadores por medio del emprendimiento. Aquellas naciones que sean capaces de aplicar los avances tecnológicos junto con los aprendizajes y

habilidades conceptuales y técnicas que se desarrollan durante la educación, podrán conseguir un incremento en su economía [3].

2.3 El emprendimiento de base universitaria y la educación emprendedora

Tomando en consideración lo mencionado en la sección “2.1” sobre la evolución del concepto de emprendimiento, es importante mencionar que no se ha llegado a un acuerdo sobre una definición específica, sin embargo, los autores reconocen que un emprendedor debe poseer habilidades y capacidades particulares para desarrollar un proyecto exitoso.

De allí surge la conexión entre el emprendimiento y la educación superior, siendo la segunda, la encargada de desarrollar estas habilidades en los individuos. Dada la importancia del emprendimiento en la actualidad y el compromiso de las universidades de capacitar capital humano, muchas instituciones de educación superior han desarrollado programas, estrategias de enseñanza y modelos de aprendizaje que les permiten potenciar el espíritu emprendedor de sus estudiantes. Para lograr esto, es necesario identificar cuáles son los factores que despiertan la creatividad e innovación en los individuos y, al mismo tiempo, enfocar la educación que ofrecen hacia el desarrollo de técnicas de emprendimiento.

3. Metodología

Para el desarrollo del “estado del arte” que se presenta en esta investigación, se utilizó como técnica la búsqueda sistemática. Esta permite la recolección detallada de información sobre un tema de interés y, al mismo tiempo, resaltar cuáles son los factores más importantes. La metodología sistemática que se empleó consta de cinco fases definidas: la identificación del campo de estudio y el periodo por analizar, la selección de las fuentes de información, la realización de la búsqueda, la gestión y depuración de resultados y, por último, el análisis de resultados [4], [5].

Para realizar un “estado del arte” de manera correcta es necesario tomar algunas consideraciones. Primero, se debe definir con exactitud el tiempo de estudio, los objetivos y el problema de estudio. Luego de esto, se deben seleccionar las fuentes que serán utilizadas para recolectar la información y asegurarse de que estas sean confiables. Posteriormente, se procede con la búsqueda de los archivos de relevancia para el estudio, los mismos deben ser identificados y seleccionados, para obtener más precisión, de manera manual. La depuración correcta de los archivos es esencial para realizar un análisis correcto del tema de investigación. Seguidamente, se procede a realizar el análisis crítico; esto tiene como objetivo la identificación de los factores relevantes en el tema de estudio y, al mismo tiempo, permite realizar una opinión sobre el tema que se está tratando [4], [5].

4. Análisis de resultados

La investigación comienza reconociendo a la educación como la base fundamental para combatir la pobreza y mejorar la calidad de vida y el compromiso que las universidades tienen de enfocar y conducir la enseñanza con miras a la investigación, la innovación y la responsabilidad social [3]. Para generar un emprendimiento de éxito es necesario que los individuos desarrollen una serie de conocimientos y habilidades específicas que les permitan desempeñar funciones y tomar decisiones. Tomando en consideración lo anterior, podemos argumentar que la educación juega un papel clave en los individuos y los prepara, por medio de los conocimientos y habilidades que son aprendidos, para solucionar problemas de manera eficiente.

Existen distintos talentos claves que deben ser desarrollados por medio de la educación para que un emprendedor sea exitoso y estos se dividen en cuatro categorías [6]. En la tabla 1 se describen estos talentos:

Tabla 1. Talentos que deben desarrollarse por medio de la educación superior para originar emprendedores de éxito [6]

TALENTO	DESCRIPCIÓN
Conceptuales	Permiten ver la información de una manera lógica y, por consiguiente, proporcionan resultados positivos en cuanto a la visión que se tiene sobre una empresa.
Emprendedores	Se desarrollan a partir de los conceptos empresariales que los individuos vayan adquiriendo. Estos, usualmente, son una imitación de algún otro emprendedor del cual se tome referencia.
Organizativos	Son aquellos que le permitirán a los emprendedores dirigir su organización de manera eficiente y eficaz para que la misma logre alcanzar las metas y éxito que este se propone.
Técnicos	Estos se desarrollan a partir de conocimiento de técnicas de <i>marketing</i> , finanzas, operaciones, recursos humanos, entre otros. Son vistos como los conocimientos específicos que se tendrán sobre la administración de una empresa.

Además de esto, se debe incentivar la creatividad, la cual es considerada la facultad latente más difícil de desarrollar, ya que el cerebro está diseñado por naturaleza para reconocer y seguir patrones estables de conducta. El pensamiento lateral es aquel que permite desarrollar nuevas ideas y, es en el que hay que trabajar con mayor ahínco al momento de apuntar hacia la enseñanza emprendedora [6]. La innovación va de la mano con la creatividad; esta responde a la demanda del mercado y a sus necesidades

inmediatas y, a partir de estas, se desarrollan las ideas que se van a poner en marcha por medio de nuevos emprendimientos.

Dentro de esta investigación se hará un enfoque de tres áreas específicas del emprendimiento de base universitaria: los factores influyentes en la decisión de los individuos de emprender, las motivaciones que los llevan a desarrollar un proyecto emprendedor y los programas y modelos generados por universidades e investigadores para incentivar el emprendimiento en los estudiantes. Estas áreas serán desarrolladas seguidamente.

4.1 Factores que afectan las intenciones emprendedoras de los individuos

Existen distintos factores que son determinantes e influyen en las intenciones de los individuos para emprender. Los autores no han llegado a un consenso sobre cómo afectan estos a los individuos, pero cada uno tiene una opinión personal sobre sus efectos. Entre los factores más discutidos se encuentran los siguientes:

- **Educación emprendedora:** se reconoce que la educación emprendedora que reciban los estudiantes estará ligada a las actividades emprendedoras que estos desarrollen y se encuentra en discusión si los efectos de esta son positivos o negativos. Entre los estudios que se investigaron se tienen conclusiones por parte de autores que indican que las universidades deben enfocar su educación hacia el desarrollo de la innovación y la creatividad [5]. También, se reconoce la conexión que existe entre las actitudes relacionadas con el emprendimiento y la educación enfocada en el emprendimiento, que desarrolla los perfiles necesarios para que los individuos tengan éxito en este ámbito [7]. Además de lo mencionado, muchos autores lo categorizan como un factor que tiene efectos positivos en los estudiantes [8-10], otros concluyen que no se puede definir con certeza si existe una conexión entre la educación emprendedora y el emprendimiento que se desarrolla luego de esta [11] y otros aseguran que no existe tal conexión [12]. Dentro de esta investigación, se considera la educación emprendedora como un factor que tiene un efecto positivo, argumentando que es la que ayuda al individuo a tomar la decisión de emprender o no. Gracias a la educación emprendedora, los individuos pueden identificar si poseen algún tipo de afinidad hacia el emprendimiento. De esta manera, si el individuo toma la decisión de emprender o no, existirán múltiples beneficios como son: la utilización correcta de recursos, satisfacción profesional y mejoramiento de la calidad de vida.
- **Género:** la desigualdad de género es un tema muy discutido en múltiples ámbitos de las sociedades humanas y en el emprendimiento no es la excepción. Los autores que argumentan sobre este factor llegan a conclusiones diversas, donde algunos opinan que el género es un factor que no influye en la decisión de emprender de los individuos [13], [14], y otros aseguran que el género masculino posee mayores intenciones emprendedoras [15]. Dentro de esta investigación se considera el género como un factor que influye en la decisión de emprender, ya que en el porcentaje de participación de las

mujeres en el ámbito emprendedor es notablemente menor que el de los hombres. Es importante resaltar, que esta brecha porcentual ha ido disminuyendo al pasar de los años, por lo que se espera que, en un futuro, el género no sea un factor determinante.

- **Personalidad:** este conjunto de rasgos define el comportamiento habitual de una persona, por lo que, se considera la personalidad del individuo como un factor importante en la decisión de emprender [7], [16], [17]. Dentro de este estudio se categoriza la personalidad como un factor influyente y se reconoce que los emprendedores que se catalogan como exitosos, poseen altos puntajes en algunos rasgos de personalidad específicos como: apertura a las experiencias nuevas, responsabilidad, extraversión, amabilidad y estabilidad emocional. El éxito de estos individuos se encuentra fundamentado en su forma óptima de sacar provecho de sus habilidades blandas.
- **Familiares con antecedentes emprendedores:** el ser humano utiliza patrones de conducta para adquirir su manera de comportarse y, usualmente, estos son aprendidos por observación de los familiares cercanos. Los autores que fueron considerados dentro de este estudio argumentan que el poseer familiares emprendedores motiva a los individuos a seguir el camino del emprendimiento y, por consiguiente, se considera un factor que afecta de manera positiva [10], [14], [15]. Dentro de esta investigación se seguirá esa línea de pensamiento, tomando en consideración que los padres emprendedores les inculcan a sus hijos una enseñanza enfocada en la importancia de la educación financiera, la compra de activos y el manejo correcto del dinero, mientras que los padres no emprendedores motivan a sus hijos a estudiar fuerte para conseguir trabajos en empresas importantes [18].
- **Cultura emprendedora en la universidad:** el ambiente emprendedor de la universidad servirá como motivación para los estudiantes que tengan deseos de desarrollar proyectos enfocados en emprendimiento. Algunos de los autores que opinan sobre este factor describen que las universidades emprendedoras tienen el deber de desarrollar una cultura de emprendimiento en toda la comunidad universitaria [19]. Muchos de estos autores reconocen que la cultura emprendedora es fundamental para los estudiantes [14], [16], [20], [21]. Una cultura emprendedora se puede generar por medio de la organización de actividades como talleres y conferencias dictadas por emprendedores, preferiblemente egresados de la institución que está llevado a cabo la actividad, y ferias de emprendimiento, donde los estudiantes puedan exponer sus ideas innovadoras.
- **Apoyo institucional:** el apoyo que le brinde la institución a los estudiantes juega un papel clave en el desarrollo de innovaciones. Los autores que fueron investigados para este estudio concuerdan en que el rol de la institución para el éxito de los individuos es fundamental [14], [19], [20], [22], [23]. Dentro de las alternativas que pueden ofrecer las universidades para apoyar a sus estudiantes se encuentran la creación de incubadoras de ideas de negocio, la constitución de oficinas de transferencia de tecnología para el manejo de patentes y

propiedad intelectual, convenios que se puedan realizar con otras empresas, la creación de start-ups y spin-offs y el financiamiento de proyectos innovadores.

- **Región:** el área geográfica donde se desenvuelven las personas es considerado como un factor relevante para muchos autores ya que, la historia emprendedora que acompañe a la región, será influyente en la perspectiva que tengan sus habitantes sobre el emprendimiento. Algunos autores sostienen que, mientras más casos de emprendimiento se desarrollen en una región, se fortalece la cultura emprendedora y los individuos se sentirán motivados a llevar a cabo proyectos innovadores [16], [20]. Dentro de esta investigación se considera un factor influyente, ya que, la cantidad de casos de emprendimiento de éxito, el nivel de urbanización y la economía predominante de la región, determinarán el emprendimiento que desarrollen sus habitantes.
- **Edad:** es un factor considerado en menor escala por los autores. Dentro de la investigación que se desarrolló, solamente un autor opinó sobre la edad. Este concluyó en su estudio que a mayor edad tenga el estudiante al momento que reciba la educación emprendedora, mayores serán sus intenciones de desarrollar un proyecto innovador [15]. En este estudio, no se considera la edad como un factor relevante, ya que es la madurez, la cual muchas veces es confundida con la edad, la que en verdad influye en las intenciones emprendedoras del individuo. La madurez es la que les permite a las personas definir objetivos claros y desarrollar los planes para alcanzarlos.

4.2 Motivaciones que afectan las intenciones emprendedoras de los individuos

Además de los factores mencionados en la sección “4.1”, es importante tomar en consideración las motivaciones que afectan a las personas, ya que son estas las que logran que los individuos tengan una intención emprendedora y, por consiguiente, desarrollen actividades enfocadas en el emprendimiento. Dentro de esta investigación se consideran como importantes las tres motivaciones más recurrentes en las personas. Estas son las siguientes:

- **Necesidad de independencia:** característico de aquellos individuos que prefieren asumir riesgos y encuentran satisfacción al conseguir autonomía económica. Se encuentra muy relacionado con los jóvenes de la actualidad que presentan grandes deseos de “ser sus propios jefes” [24], [12].
- **Motivación financiera:** característico de los individuos que desean mejorar su calidad de vida y ven en el emprendimiento la oportunidad de obtener estabilidad económica. Esta motivación va más allá de lo que el individuo desea para su vida, incluye también a la familia que depende de ellos [12].
- **Necesidad de logros:** característico de los individuos que disfrutan retarse a sí mismos y, difícilmente, desisten antes de alcanzar sus metas. Estas personas se proponen tareas desafiantes, pero alcanzables. Esta motivación es considerada la más recurrente en los individuos que emprenden. [12], [24] y [25].

4.3 Programas implementados por universidades para incentivar el emprendimiento

Los mecanismos de enseñanza tradicionales no son óptimos para desarrollar la creatividad en los estudiantes y, por consiguiente, logran disminuir sus deseos emprendedores. Por esto, como se mencionó en la sección “2.3”, las universidades se encuentran invirtiendo sus recursos en investigaciones que les permitan actualizar estos métodos. Los programas y modelos que han sido implementados por distintas universidades y son considerados exitosos se presentan en la tabla 2:

Tabla 2. Modelos desarrollados por distintas universidades para incentivar el emprendimiento entre la comunidad estudiantil

PROGRAMA O MODELO	BENEFICIO
Modelo de enseñanza “REPITA” y nuevo modelo de incubación de ideas por el Instituto Tecnológico de Monterrey [22]	El modelo “REPITA” se enfoca en distintas áreas que deben ser trabajadas para desarrollar una cultura de emprendimiento y el nuevo modelo de incubación les brinda más opciones de emprendimiento y desarrollo de propiedad intelectual a los estudiantes que el modelo que antes se ofrecía.
Política de desarrollo de emprendimiento y un programa enfocado en el desarrollo de competencias [25]	Este programa ofrece formación en educación empresarial y educación emprendedora, donde se hace un enfoque en desarrollar habilidades conceptuales, técnicas y blandas.
Curso en línea MOOC [26]	Este programa es recomendado para aquellas universidades que no poseen un gran capital para invertir en equipos novedosos y, a la vez, tienen una gran demanda de estudiantes.
Programa “ <i>Formation Création d’Emploi et de Travail Indépendent</i> ” [17]	Se encarga de desarrollar habilidades empresariales de administración, de mercado y blandas. Las ideas, luego de ser modificadas y perfeccionadas con la ayuda de un mentor, resultan óptimas para desarrollar un negocio.
Programa para el desarrollo de estrategias emprendedoras [27]	Luego de este programa, los estudiantes presentan una actitud más estratégica al momento de tomar decisiones y se encuentran más enfocados en desarrollo de habilidades y competencias.
Modelo de tres etapas para estimular al estudiante emprendedor [21]	Este modelo resalta la importancia de tres puntos clave para una educación emprendedora exitosa: el desarrollo de habilidades y espíritu emprendedor, la enseñanza de habilidades técnicas y el

	apoyo de la institución encargada de la educación.
Modelo “SCAMPER” [28]	Tiene como finalidad el desarrollo de la creatividad de los individuos y se fundamenta en la generación de nuevas ideas.
Maestría de emprendimiento [29]	Se desarrolla un plan de negocios y se capacita a los individuos en el ámbito del emprendimiento y el desarrollo de habilidades de manejo empresarial.

4.4 Modelos propuestos por investigadores para incentivar el emprendimiento

Además de los modelos presentados anteriormente, muchas investigaciones de profesionales y estudiosos en temas de emprendimiento, se encargan de analizar qué factores deben ser desarrollados y qué estrategias son convenientes para despertar el espíritu emprendedor en los individuos. Algunas de estas propuestas generadas y que con consideradas como relevantes son presentados en la tabla 3:

Tabla 3. Modelos desarrollados por distintos investigadores para incentivar el emprendimiento entre la comunidad estudiantil

PROGRAMA O MODELO	BENEFICIO
Modelo de distintos enfoques educativos [7]	Busca desarrollar en el individuo habilidades que se complementen con los conocimientos técnicos específicos de la carrera profesional que el individuo estudie o haya estudiado anteriormente.
Programa de enseñanza emprendedora [30]	Este modelo de enseñanza se fundamenta en el ensayo y error, donde se busca perfeccionar un producto o servicio que pueda ser utilizado como negocio.
Programa de enseñanza por medio de la diversificación de ejes que se desarrollan [8]	Promueve la importancia de la educación del individuo y del ambiente institucional óptimo.
Enfoques de enseñanza emprendedora y el desarrollo de identidad emprendedora [31]	Argumentan que el mejor enfoque de enseñanza es el que se genera a través del emprendimiento y sugieren que la identidad emprendedora se crea a partir del desarrollo de habilidades.
Modelo de aprendizaje y apoyo institucional [23]	Demuestran que la formación de estudiantes hacia el emprendimiento es una cadena, donde las decisiones y apoyo que ofrezca la universidad hacia los profesores y estudiantes, se verá

	reflejada en el nivel de aprendizaje que estos últimos alcancen.
Modelo de enseñanza de cuatro etapas [9]	Este modelo de enseñanza tiene como objetivo el aprendizaje emprendedor y el aprendizaje empresarial. Además, señala la importancia dentro de la educación emprendedora a no buscar comportamientos similares.
Curso de planeamiento de negocios [10]	El curso tiene como finalidad que los estudiantes desarrollen confianza a generar un emprendimiento enfocado en la rama de estudio que desarrollan.

5. Propuesta

5.1 Centro de emprendimiento UTP EMPRENDE

Para desarrollar una propuesta que genere la cultura emprendedora en la comunidad estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) es necesario analizar cuál es el estado existente de la institución. En la actualidad, la universidad cuenta con un centro de emprendimiento llamado “UTP EMPRENDE”. El mismo tiene como objetivo cumplir con el compromiso que adquieren las universidades con la sociedad; capacitar de manera integral el capital humano que busca alcanzar conocimiento.

UTP EMPRENDE consta de un equipo capacitado en áreas de administración, economía, proyectos, finanzas, derecho y ciencias políticas, propiedad intelectual, negociación e ingeniería. Este centro se encarga de brindar apoyo, asesoría y seguimiento a proyectos emprendedores dentro y fuera de la Universidad Tecnológica de Panamá, que tienen el potencial para convertirse en negocios exitosos e innovadores [32].

Entre los proyectos que ha desarrollado este centro de emprendimiento se encuentra el Proyecto SIDEPE (Sistema de Incubación para el Desarrollo Empresarial de Panamá).

Este tuvo como propósito el desarrollo de un sistema de incubación de proyectos sostenibles para fortalecer y apoyar la creación de nuevas empresas. Otro proyecto desarrollado fue la constitución de cinco nuevos Centros de Emprendimiento en los distintos Centros Regionales de la Universidad Tecnológica de Panamá con la finalidad de llevar el emprendimiento a los distintos sectores del país. Además, se desarrolló un proyecto enfocado en el apoyo a la mujer emprendedora llamado CAME PANAMÁ. Este tuvo como objetivo el asesoramiento en el ámbito empresarial a mujeres con ideas de negocio [32].

El centro de emprendimiento, en este momento, se encuentra enfocado en la incubación de ideas de negocio, pero no cuenta con un modelo de enseñanza para capacitar el capital humano con las habilidades emprendedoras y empresariales necesarias para llevar a cabo un proyecto exitoso. Es por esto, que surge la necesidad de realizar una modificación a los servicios que ofrece el centro de emprendimiento “UTP EMPRENDE”, donde se expandan las

ofertas educacionales y de formación en beneficio de la comunidad estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá. La existencia de un centro autónomo e independiente en la universidad es fundamental para que se desarrolle una formación emprendedora de manera correcta. La armonía entre el centro de emprendimiento y la institución de educación superior es clave para el éxito del programa que se presenta [21].

5.2 Propuesta de modelo para incentivar el emprendimiento de base universitaria

Para la propuesta de modelo que genere una cultura emprendedora entre los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá, se tomaron como base programas y modelos utilizados en distintas universidades, los cuales han sido analizados y se ha demostrado que son exitosos en desarrollar el espíritu emprendedor entre la comunidad estudiantil.

El primero es el curso en línea MOOC (*Massive Open Online Course*) desarrollado en la Universidad de Taylor en Malasia [26]. El mismo tiene como objetivo principal el desarrollo de habilidades como la descripción del factor clave de una organización, el reconocimiento de las necesidades de los clientes, el manejo efectivo de los recursos, el pensamiento emprendedor, el enfoque emprendedor, la creación de valor, la comunicación emprendedora, el manejo de riesgos empresariales, la construcción de un equipo emprendedor, entre otros [26]. El segundo programa que se utilizará como base es la Maestría en Emprendimiento de la Universidad de Otago en Nueva Zelanda [29]. En este se busca el desarrollo de ejes de aprendizaje como desarrollo de confianza, estudio de factibilidad de ideas, desarrollo de conocimientos y habilidades, realismo ante las oportunidades, identificación de soluciones prácticas, desarrollo de ideas futuras y construcción de redes [29].

Tomando en consideración los modelos mencionados anteriormente, se genera una propuesta para implementar en el centro de emprendimiento “UTP EMPRENDE”. Este tiene la finalidad de generar una cultura emprendedora e incentivar el desarrollo de proyectos innovadores en la comunidad estudiantil. Esta propuesta fue dividida en las siguientes siete etapas:

- Primera etapa: se hace un enfoque hacia el aprendizaje de las habilidades conceptuales, técnicas y blandas por medio de capacitaciones. Se introducen conceptos iniciales sobre el emprendimiento como: por qué considerar el emprendimiento como opción para desarrollarse profesionalmente, la identificación de los problemas y las oportunidades que surgen, desarrollo del estilo de pensamiento emprendedor, la construcción de un equipo emprendedor, entre otros. Además de los conceptos básicos, se desarrollan competencias más especializadas y fundamentales para un emprendedor de éxito. Entre las herramientas que se enseñan se tienen: el manejo de proyectos, el manejo de riesgos, la creación de valor para el producto o servicio que se desarrolla, la construcción de estados financieros, el análisis de factibilidad y riesgos, el análisis del valor del dinero en el tiempo, el pago de impuestos, la fijación

de precios, la distribución de productos, el mercadeo y ventas y desarrollo de estrategias de salida, entre otras.

- Esta primera etapa tiene como objetivo preparar a los individuos para que logren desempeñar de manera óptima sus funciones como propietarios de un negocio. Para esto, de manera general, se desarrollan como temas específicos los conceptos básicos y fundamentales del emprendimiento, el desarrollo del pensamiento emprendedor, la ejecución de funciones de un emprendedor junto con la creación de valor de su producto o servicio, el manejo de riesgos, la proyección de un emprendedor, el manejo de proyectos, la construcción de un equipo emprendedor, el análisis de factibilidad de ideas, el estudio de mercado, las ventas, las finanzas para emprendedores, las estrategias de consolidación de negocios y una especialización en emprendimiento sostenible, emprendimiento enfocado en el turismo o emprendimiento enfocado en la tecnología y la ciencia.
- Segunda etapa: se busca el desarrollo de una idea de negocios factible que sea generada por medio de la creatividad y que sea considerada innovadora. La misma debe tener como objetivo solucionar alguna carencia que haya sido identificada en la sociedad actual. Es preferible que la idea de negocio que desarrolle el individuo se encuentre enfocada en el área profesional en la que se desenvuelve el mismo, de esta manera puede utilizar las habilidades emprendedoras desarrolladas en la primera etapa junto con las habilidades conceptuales y técnicas especializadas de su carrera profesional.
- Tercera etapa: luego de desarrollar una idea de negocio, los individuos deben validar la factibilidad de esta por medio de las herramientas aprendidas en la primera etapa. La validación de las ideas tendrá distintos enfoques, haciendo un balance entre el costo de la implementación y el beneficio que esta ofrece. Es importante tomar en consideración que una idea es considerada factible, no solamente si se puede llevar a cabo y la misma genera ganancias, sino también si se pueden lograr los objetivos esperados al ejecutarla. Entre los análisis que se desarrollan para medir la viabilidad de una idea de negocio se encuentran los análisis de riesgos, los estudios de mercado y los análisis financieros. Estos estudios buscan medir las probabilidades de éxito de la idea de negocios, si se cuenta con la demanda adecuada para que la puesta en marcha de la idea genere ingresos y si el proyecto es factible en términos monetarios, respectivamente.
- Cuarta etapa: luego de validar la viabilidad de la idea, se procede a desarrollar el plan de negocios. Dentro del mismo se incluyen los análisis y estudios aprendidos en la primera etapa. El desarrollo del plan de negocios incluye las generalidades de la empresa y cuál es la visión de la misma, los objetivos que se desean cumplir y los estudios de factibilidad de la idea de negocio. Se resalta la importancia de la construcción adecuada del plan de negocios ya que este servirá para captar el interés de posibles inversores. Este debe ser detallado y a la vez atractivo para las personas que se encuentran fuera del proyecto; debe especificar cuáles son las ventajas competitivas que ofrece la idea, cuáles son las fortalezas que tendrá la empresa, las

oportunidades que se presentan en el mercado, definir el sector al cual se le hará la oferta y proyecciones para el futuro.

- Quinta etapa: la incubación de la idea de negocio es fundamental. En esta etapa, el emprendedor o el equipo emprendedor tiene la posibilidad de recibir ayuda personalizada por parte de un mentor especializado en temas de emprendimiento, el cual le ayudará o los ayudará a solventar aquellas dudas que surgen durante la confección del plan de negocios. Además, se encargará de dar seguimiento a los estudios y análisis realizados por medio de sesiones privadas.
- Sexta etapa: la construcción de redes de negocios es el siguiente escalón para pasar de tener una idea de negocio a constituir una empresa. La institución encargada de desarrollar la educación emprendedora, en este caso particular, el centro de emprendimiento “UTP EMPRENDE”, adquiere el compromiso de crear redes de negocios para los individuos que participan en el programa de emprendimiento. Las redes de negocios tienen la finalidad de hacer un enlace entre los individuos que desarrollan una idea de negocio, pero no tienen el capital semilla para ponerla en marcha e inversionistas interesados en la idea innovadora.
- Séptima etapa: en esta última etapa del proceso, se busca concluir el ciclo; se tiene como finalidad consolidar la idea de negocio. El centro de emprendimiento debe contar con una oficina de transferencia y su función será fundamental dentro de esta etapa. Para poner en marcha la idea de negocio desarrollada en las etapas anteriores, existen distintas alternativas que se le presentan al emprendedor o equipo emprendedor y estos deben evaluar cuál de las opciones les resulta más conveniente. Entre las opciones que se ofrecen se tienen los “*spin-offs*”, los “*start-ups*” y la transferencia de propiedad intelectual.

La propuesta que se realiza tiene como objetivo principal la motivación de los estudiantes hacia el emprendimiento; que los mismos encuentren interés en realizar un proyecto que les apasione y, al mismo tiempo, desarrollen las habilidades que necesitan para llevarlo a cabo.

A continuación, se presenta un diagrama de la propuesta que (figura 1) de manera gráfica de los pasos a seguir y el recorrido del proceso que se presenta:

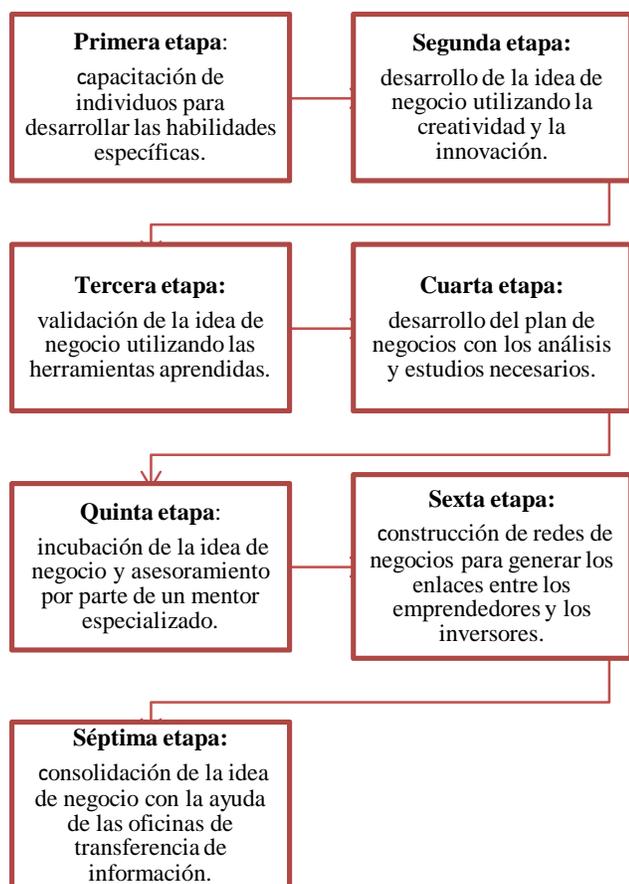


Figura 1: Diagrama de la propuesta para impulsar el emprendimiento en la comunidad estudiantil de la Universidad Tecnológica de Panamá.

6. Conclusiones

El emprendimiento se encuentra en un momento de auge, debido a los problemas económicos que presentan las sociedades actuales. Por medio de este estudio, que tuvo como finalidad el desarrollo de un “estado del arte” sobre temas relacionados con emprendimiento de base universitaria en la actualidad, se concluye que se considera este como una solución viable. También, dentro de esta investigación, se confirma que la educación emprendedora tiene efectos positivos en los estudiantes que la reciben.

La institución de educación superior es la encargada de generar una cultura emprendedora entre la comunidad universitaria; esto, complementado con la educación enfocada en el emprendimiento, asegura que los estudiantes desarrollen un espíritu emprendedor que los llevará a la generación de ideas creativas e innovadoras.

La propuesta de modelo para desarrollar e incentivar el emprendimiento entre los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá es una composición de distintos programas y cursos que fueron considerados exitosos luego de distintos análisis. El modelo tiene una estructura que se enfoca en el desarrollo de todas las competencias necesarias que convierten a un individuo en un emprendedor de éxito.

Además de esto, el modelo propuesto debe ser complementado con actividades extracurriculares organizadas por el centro de emprendimiento “UTP EMPRENDE”. Estas actividades deben enfocarse en el desarrollo del espíritu emprendedor de los estudiantes. Entre las alternativas que se presentan, se consideran efectivas las ferias o competencias emprendedoras, donde los individuos pueden desarrollar una idea innovadora, y las conferencias dictadas por emprendedores de éxito, donde estos comparten sus experiencias.

El modelo de enseñanza emprendedora que se propone tiene la ventaja de que puede ser utilizado por estudiantes que cursen distintas carreras, ya que el mismo desarrolla habilidades generales que pueden ser enfocadas en el emprendimiento independientemente de la rama profesional que siga cada individuo.

Es importante resaltar el papel fundamental que tienen los educadores dentro de la propuesta y el compromiso que posee la institución de educación superior para capacitar a estos, con la finalidad de brindar la mejor formación posible al capital humano que estudia en la Universidad Tecnológica de Panamá.

7. Recomendaciones

Luego de la investigación, la propuesta realizada y las conclusiones a las cuales se llegaron se recomienda:

- Modificar los métodos de enseñanza tradicionales para lograr desarrollar en los estudiantes las habilidades y competencias, no solo conceptuales y técnicas, sino también blandas, que son necesarias para que logren afrontar con éxito los retos profesionales que se les presentan y que el individuo pueda desempeñarse de manera óptima en cualquier ámbito en el cual se vea involucrado.
- Invertir en investigaciones, recursos tecnológicos y capacitaciones para los docentes, con el fin de adaptar el sistema educativo y brindar la mejor formación posible a los estudiantes.
- Incentivar el desarrollo de investigaciones futuras por parte de la comunidad estudiantil y docente de la Universidad Tecnológica de Panamá en el ámbito del emprendimiento y enfocadas en el crecimiento y fortalecimiento del centro de emprendimiento que la universidad posee.

Como futura investigación se propone un estudio enfocado en la validación del modelo que se ha propuesto, con la finalidad de analizar cuáles son los efectos que este tiene sobre la población estudiantil. El modelo propuesto se ve abierto a futuras modificaciones dependiendo de los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- [1] R. Cantillon. “*Essai Sur la Nature du Commerce en Général.*” 1755.[En línea]. Disponible: <http://biblioteca.libertyfund.org/sites/default/files/naturaleza-del-comercio-electronico.pdf>
- [2] Banco Mundial. “Nuevas empresas registradas (número)” [En línea]. Disponible:

- https://datos.bancomundial.org/indicador/IC.BUS.NREG?end=2016&name_desc=false&start=2010&view=chart
- [3] R. Pérez. "Educación superior en emprendimiento y la superación de la pobreza". *Revista Hojas y Hablas*, vol. 14, pp. 93-106, 2017.
- [4] C. Medina, J. Marin y R. Alfalla. "Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía." *WPOM*, vol. 1(2), pp. 13-30, 2010. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/wpom.v1i2.786>
- [5] B. Díaz, J. Gómez, J. García, H. Melo y F. Sanabria. Contribución de las iniciáticas de tecnologías de la información en las organizaciones: una revisión literaria. *Innovar*, vol. 27(66), pp. 41-55, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/innovar.v27n66.66710.enlace>
- [6] D. García y L. Rivera. "estado del arte" sobre el emprendimiento y la creación de empresa. Un enfoque multidisciplinar a partir de Joseph Schumpeter, Edward de Bono, Max Weber, Peters y Waterman". Universidad de La Salle, Bogotá, 2011.
- [7] J. Sánchez, A. Ward, B. Hernández y J. Florez. "Entrepreneurship Education: State of the Art". *Propósitos y Representaciones*, vol. 5(2), pp. 401 - 473, 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.190>
- [8] K. Nars y Y. Boujelbene. "Assessing the impact of entrepreneurship education." *ELSEVIER*, vol. 109, pp. 712-715, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.534>
- [9] D. Welsh, W. Tullar y H. Nemat. "Entrepreneurship education: Process, method, or both?." *JIK*, vol. 1, pp. 125-132, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jik.2016.01.005>
- [10] G. Graevenitz, D. Harhoff y R. Weber. "The effects of entrepreneurship education." *ELSEVIER*, vol. 76, pp. 90-112, 2010. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jebo.2010.02.015>
- [11] T. Jun Bae, S. Quian, C. Miao y J. Fiet. "The Relationship Between Entrepreneurship Education and Entrepreneurial Intentions: A Meta-Analytic Review." Wiley Open Library. 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/etap.12095>
- [12] V. Barba y C. Atienza. "Entrepreneurial intention among engineering students: The role of entrepreneurship education." *European Research on Management and Business Economics*, vol. 24, pp. 53-61, 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iemeen.2017.04.001>
- [13] E. Novillo, C. Sarmiento, J. Kennedy y D. Ramón. "Análisis de actitud emprendedora en estudiantes universitarios: una perspectiva de género." *INNOVAR*, vol. 2, pp. 56-63, 2017.
- [14] H. Bergmann, M. Geissler, C. Hundt y B. Grave. "The Climate for Entrepreneurship at Higher Education Institutions." *Research Policy*, vol. 47, pp. 700-716, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.01.018>
- [15] G. Shirokova, O. Osiyevskyy y K. Bogatyreva. "Exploring the intention-behavior link in student entrepreneurship: Moderating effects of individual and environmental characteristics." *European Management Journal*, vol. 34, pp. 386-399, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2015.12.007>
- [16] M. Obschonka. "The quest for the entrepreneurial culture: psychological Big Data in entrepreneurship research." *Current Opinion in Behavioral Sciences*, vol. 18, pp. 69-74, 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.07.014>
- [17] P. Premand, S. Brodmann, R. Almeida, R. Grun y M. Barouni. "Entrepreneurship Education and Entry into Self-Employment Among University Graduates." *World Development*, vol. 77, pp. 311-327, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.08.028>
- [18] R. Kiyosaki y S. Lechter. "Padre rico, padre pobre. Qué les enseñan los ricos a sus hijos acerca del dinero, ¿que las clases media y pobre no!". Santillana Ediciones Generales S.A. 2004.
- [19] N. Yildirim y O. Askun. "Entrepreneurship Intentions of Public Universities in Turkey: Going Beyond Education and Research?" *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp. 953-963, 2012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1074>
- [20] J. Itri, D. Ballard, S. Kantartzis, J. Sullivan, J. Weisman, D. Durand, S. Ali y A. Kasangra. "Entrepreneurship in the Academic Radiology Environment." *ELSEVIER*, vol. 22, pp. 14-24, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2014.08.010>
- [21] S. Jansen, T. Van de Zande, S. Brinkkemper, E. Stam y V. Varma. "How education, stimulation and incubation encourage student entrepreneurship: Observation from MIT, IIT, and Utrecht University." *The International Journal of Management Education*, vol. 13, pp. 170-181, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2015.03.001>
- [22] F. Cantú-Ortiz, N. Galeano, P. Mora-Castro y J. Fangmeyer. "Spreading academic entrepreneurship: Made in Mexico." *Business Horizons*, vol. 60, pp. 541-550, 2017. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2017.04.002>
- [23] A. Ghina. "Effectiveness of Entrepreneurship Education in Higher Education Institutions." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 115, pp. 332-345, 2013. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.440>
- [24] J. Sánchez, R. Aldana, S. De Dios y A. Yurrebaso. "La motivación y la intención emprendedora." *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, vol. 4(1), pp. 521-531, 2012. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349832337057>
- [25] B. Hj, A. Rahim y M. Usman. "The Effectiveness of the Entrepreneurship Education Program in Upgrading Entrepreneurial Skills among Public University Students." *Procedia - Social and Behavioral Science*, vol. 224, pp. 117-123, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.413>
- [26] M. Al-Atabi y J. DeBoer. "Teaching entrepreneurship using Massive Open Online Course (MOOC)." *Technovation*, vol. 34, pp. 261-264, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.technovation.2014.01.006>
- [27] Y. Stamboulis y A. Barlas. "Entrepreneurship education impact on students attitudes." *The International Journal of Management Education*, vol. 12, pp. 365-373, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.001>
- [28] L. Gundry, L. Ofstein y J. Kickul. "Seeing around corners: How creativity skills in entrepreneurship education influence innovation in business." *The International Journal of Management*

- Education, vol. 12, pp. 529-538, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2014.03.002>
- [29] J. Kirkwood, K. Dwyer y B. Gray. “*Student’s reflections on the value of an entrepreneurship education.*” The International Journal of Management Education, vol. 12, pp. 307-316, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2014.07.005>
- [30] K. Oganisjana y T. Laizans. “*Opportunity–Oriented Problem–Based Learning for Enhancing Entrepreneurship of University Students.*” Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 213, pp. 135–141, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.416>
- [31] A. Donnellon, S. Ollila y K. Williams. “*Constructing entrepreneurial identity in entrepreneurship education.*” The International Journal of Management Education, vol. 12, pp. 490-499, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijme.2014.05.004>
- [32] Universidad Tecnológica de Panamá. “UTP EMPRENDE” [En línea]. Disponible: <http://emprende.utp.ac.pa/>

Evaluación del rendimiento energético del bagazo de caña de un ingenio azucarero vs su aprovechamiento mediante gasificación

Evaluation of the energy performance of sugarcane bagasse from a sugar mill vs its use through gasification

Iván Solano¹, Orlando Aguilar², Camila Domínguez², Gabriela Ramírez², Orlando Aguilar^{3*}

¹Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Universidad Tecnológica de Panamá; ²Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá; ³ Facultad de Ingeniería Mecánica y director del Grupo de Investigación en Energía Renovable y Ambiente (GIERA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Resumen El hombre ha desarrollado una dependencia hacia los combustibles fósiles desde la revolución industrial (siglo XVIII); de este hecho surge una necesidad actual cuya tendencia es desarrollar sistemas de generación de energía con fundamento en la utilización de energías renovables. La biomasa es un recurso que presenta una gran disponibilidad alrededor de todo el mundo, es por esto que se ha tenido el objetivo de implementar tecnologías o procesos, de tal manera que se pueda aprovechar este recurso tan abundante. Es así como la gasificación se ha ido convirtiendo en un proceso líder en este aspecto. Un tipo de biomasa común en Panamá es el bagazo de caña, que no es más que el residuo que queda como producto una vez se ha extraído el jugo de la caña de azúcar. El objetivo de esta investigación es hacer una evaluación del rendimiento energético del bagazo de caña utilizado en los ingenios azucareros de Panamá, tal y como se usa actualmente para la combustión y generación de energía, de tal modo que podamos compararlos con el rendimiento energético que presentaría cuando el bagazo de caña sea gasificado, para determinar cuál proceso es el más eficiente para la producción de energía eléctrica. Para llevar a cabo esta idea se planea tomar como muestra por lo menos dos ingenios azucareros en nuestro país, ya que las propiedades del bagazo de caña podrían variar de un ingenio a otro, según la variedad de la caña. Una vez hecha la comparación de rendimiento energético se podrá recomendar a los ingenios los cambios de tecnología pertinentes para mejorar su operación.

Palabras clave Biomasa, gasificación, bagazo de caña, ingenio, poder calorífico, syngas.

Abstract Humans have developed a dependency on fossil fuels since the industrial revolution (18th century); from this fact a current need arises whose tendency is to develop energy generation systems based on the use of renewable energy. Biomass is a resource that is widely available around the world, which is why the objective has been to implement technologies or processes, so that this abundant resource can be used. This is how gasification has become a leading process in this regard. A common type of biomass in Panama is sugarcane bagasse, which is nothing more than the residue that remains as a product once the sugar cane juice has been extracted. The objective of this research is to make an evaluation of the energy performance of the sugarcane bagasse used in the sugar mills of Panama, as it is currently used for combustion and energy generation, so that we can compare them with the energy performance that it would present when the sugarcane bagasse is gasified, to determine which process is the most efficient for the production of electrical energy. To carry out this idea, it is planned to take as a sample at least two sugar mills in our country, since the properties of cane bagasse could vary from one mill to another, depending on the variety of the cane. Once the energy performance comparison has been made, the mills can be recommended for the relevant technology changes to improve their operation.

Keywords Biomass, gasification, sugar cane bagasse, sugar cane mill, calorific value, syngas.

*Corresponding author: orlando.aguilar@utp.ac.pa

1. Introducción

La utilización de energía no renovable es algo que se ha venido dando desde hace dos siglos, pero hemos tardado demasiado tiempo en darnos cuenta lo perjudicial que es este tipo de energía para el ser humano y el medio ambiente. En los años recientes, el mundo ha estado buscando nuevas

fuentes de energía que, aparte de ser renovables, no sean dañinas al medio ambiente. Uno de los recursos de más interés en los recientes años es la biomasa. La biomasa es un recurso renovable que proviene de las plantas verdes y se produce de la conversión de energía solar en materia orgánica mediante el proceso de fotosíntesis [1]. Este tipo de recurso renovable en

específico presenta una gran disponibilidad alrededor de todo el mundo y además posee una capacidad para producir energía eléctrica debido a su poder calorífico, lo cual la hace más eficiente que los combustibles fósiles convencionales [2]. Un proceso con el que se puede aprovechar ese poder calorífico tan alto de la biomasa es la gasificación, que consiste en un proceso térmico en el cual el combustible sólido (biomasa) mediante el uso de un gasificador se convierte en un gas llamado *syngas* que puede ser usado para producción de potencia y calor [2] [3]. El *syngas*, como se mencionó anteriormente, es el producto de la gasificación y no es más que un tipo de gas constituido por gases que son tanto combustibles como no combustibles, pero los compuestos más comunes que se encuentran en dicho gas son: hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono [4]. Los ingenios azucareros son un tipo de planta que se encarga del procesamiento de la caña de azúcar para producir distintos productos. Una vez dicha caña de azúcar se ha procesado, el residuo que queda como resultado del proceso es lo que se conoce como bagazo de caña de azúcar. El propósito de esta investigación es hacer un estudio de la eficiencia energética del bagazo de caña usado como tal para la producción de energía eléctrica en los ingenios de Panamá y compararlo con la eficiencia que podría brindar el mismo bagazo de caña al ser gasificado en su estado común de fibra y peletizado.

2. Antecedentes

La gasificación de biomasa es un proceso del cual se han comenzado a hacer muchas investigaciones desde hace aproximadamente cinco décadas. No obstante, es un proceso cuyo origen se da hace alrededor de 180 años atrás. El primer gasificador construido fue elaborado por una empresa alemana llamada Bischof en el año 1839 y era un gasificador de carbón [3]. La siguiente compañía en desarrollar un gasificador, también alemana, fue Siemens a mediados del siglo XIX y su principal uso era la producción de *syngas* que era el combustible de hornos en distintas industrias. La necesidad por producir un *syngas* que fuese menos perjudicial para el ambiente comenzó a ser trabajada a finales del siglo XIX cuando una empresa inglesa desarrolla un sistema para que se produzca un gas más limpio, lo que permitió que se pudiera usar el *syngas* como combustible para motores de combustión interna [5]. La gasificación se convirtió en un proceso líder debido a que se gasificaba carbón vegetal para la producción de combustible que sería utilizado en distintos vehículos tanto terrestres como acuáticos y esto se debe a que fue una época donde no había mucho petróleo. Sin embargo, cuando la segunda guerra mundial terminó, los combustibles fósiles comenzaron a ser usados nuevamente y se abandonó de cierto modo la gasificación de biomasa [2]. Recientemente, solo se había usado, a mediados del siglo pasado, para la obtención de hidrógeno, a partir del carbón, para la confección de abonos. No fue hasta hace unos 20 años que se comenzó a utilizar el proceso de gasificación para la producción de energía

eléctrica, lo que dio como resultado a que actualmente, se cuente con una planta de biomasa de *pellets* de madera en el Reino Unido con una capacidad de 740 MW [1].

Los estudios en la actualidad van dirigidos a distintas áreas para el aprovechamiento de la biomasa. Entre esos estudios, los más relevantes son la producción de energía usando biomasa peletizada, el tratamiento del *syngas* durante el proceso de gasificación para mejorar sus propiedades y el diseño de gasificadores para aumentar su eficiencia.

3. Marco Teórico

3.1 Biomasa

La biomasa es un término que se usa para describir todo material orgánico que proviene de seres vivos. La biomasa vegetal se produce cuando las plantas convierten la energía solar mediante el proceso de la fotosíntesis en materia orgánica. Se puede considerar como materia orgánica, en la cual la energía solar está almacenada en enlaces químicos, y cuando estos enlaces se rompen, la energía almacenada es liberada [5]. Además de la disponibilidad a nivel mundial de la biomasa, también presenta otra ventaja sobre los combustibles fósiles y es que, si bien es cierto que produce dióxido de carbono como los combustibles fósiles, no es un compuesto que aporte al calentamiento global debido a que es un compuesto biogénico [3]. La biomasa la podemos clasificar de la siguiente manera:

- Plantas leñosas: una planta leñosa es aquella que produce madera como tejido estructural y está formada principalmente por celulosa y lignina.
- Plantas herbáceas: este tipo de planta no tiene mucha madera, y sus ramas son verdes y suaves, crecen rápido y usualmente producen flores.
- Plantas acuáticas: estas plantas son aquellas que están adaptadas a vivir en ambientes acuáticos, ya sean de agua dulce o salada. Estas plantas solamente pueden crecer directamente en agua o en tierra que está permanentemente saturada con agua.
- Estiércoles: es derivado principalmente de las heces de animales, este material es rico en nutrientes como el nitrógeno, por lo cual funcionan muy bien como fertilizantes.

3.2 Bagazo de caña de azúcar

El bagazo de caña de azúcar es el residuo sólido remanente después de ser extraído el jugo de la caña de azúcar. Usualmente, es utilizado como combustible de los ingenios azucareros, pero debido a su alto contenido de celulosa también es aprovechado para la industria del papel. La estructura del bagazo de caña cuenta con dos partes: la fibra, que son el producto de la corteza y la parte interior del tallo una vez se ha procesado en un ingenio, y el meollo que es producto del tejido vegetal en el cual se encuentran los órganos vegetales. El bagazo de caña de azúcar, una vez ha

sido procesado en el ingenio cuenta con la siguiente composición química [4]:

Tabla 1. Composición química del bagazo de caña

Componente	Porcentaje
Hidrógeno	6.5%
Oxígeno	44%
Carbono	47%
Cenizas	2.5%

3.3 Proceso de gasificación

El proceso de gasificar residuos orgánicos para producir *syngas* es una tecnología de más de cien años de antigüedad. Este gas puede ser usado para generar potencia mediante turbinas, en equipos de calor y potencia (como en los ingenios azucareros), y hasta puede ser utilizado como combustible para ser quemado en motores de combustión interna.

El proceso de gasificación se lleva a cabo en cuatro partes, las cuales son el secado, pirólisis, oxidación y reducción.

3.3.1 Secado

En la fase de secado se remueve el agua en exceso que es contenida en la biomasa a una temperatura mayor a 100°C. Esto ocurre debido a que en el momento en el que se introduce la biomasa al gasificador, recibe calor de los alrededores.

Esta parte del proceso es importante puesto que, aunque es posible gasificar biomasa con alto contenido de humedad, si se usa una cierta cantidad de energía para remover la humedad de esa materia, no habría manera de recuperar la energía, lo que haría al proceso menos eficiente. Es por esto que se aconseja dar un pretratamiento a la biomasa para evitar que tenga un nivel de humedad alto al introducirla al gasificador y que de esta manera se produzca un *syngas* con un poder calorífico mayor [2].

3.3.2 Pirólisis

Esta etapa consiste en la descomposición de materia orgánica mediante el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas entre 400 y 600K, por esto las grandes cadenas químicas de la biomasa se descomponen y dejan como residuo alquitrán, material volátil y carbón pirolisado, que tiene un mayor valor energético para la producción de *syngas* [6].

3.3.3 Oxidación

En esta etapa, se introduce un agente gasificante al sistema, usualmente se utiliza aire, oxígeno o vapor de agua para generar el *syngas* que consiste en su mayor parte por hidrógeno y monóxido de carbono. La relación entre oxígeno/carbono dentro del sistema influye mucho en la calidad del producto final, ya que mientras más oxígeno hay, más completa será la combustión [6].

3.3.4 Reducción

En esta parte del proceso se producen las reacciones químicas que generan el monóxido de carbono y el hidrógeno, que brindan un alto poder calorífico al *syngas*. El objetivo de este proceso es lograr las condiciones que favorecen a estas dos reacciones, ya que los compuestos resultantes son la mayoría de la composición del *syngas* [2].

Una vez se obtiene el *syngas* bruto del gasificador, éste tiene que pasar por un sistema de purificación para poder ser utilizado en la industria [5].

3.4 Tipos de gasificadores

Un gasificador es el equipo más importante en una planta de gasificación, debido a que es en este elemento donde se obtendrá el *syngas* que ha de ser usado posteriormente para la producción de energía, ya sea al quemarlo en una caldera, en un motor de combustión interna o almacenarlo en una celda de combustible. Este elemento en sí, es uno al que se le ha dedicado mucho tiempo en investigación, ya que, en conjunto con otros factores, tales como las propiedades de la biomasa y su pretratamiento y las condiciones de operación, afectarán directamente a la eficiencia del proceso de gasificación [3]. Los gasificadores pueden ser clasificados dentro de tres grupos: gasificadores de lecho fijo, de lecho fluido y de flujo arrastrado.

3.4.1 Gasificadores de lecho fijo

La característica principal de este tipo de gasificador es que la biomasa es suministrada a la cámara del reactor en grandes cantidades a través de una apertura, la cual se encuentra ubicada en la parte superior del reactor y desciende a través del mismo. A medida que ocurre la conversión del combustible en forma de gas, el residuo desciende por acción de la gravedad [3] [7]. Estos tipos de gasificadores son los más comunes, pero cuentan con la desventaja de que, debido a que trabajan a muy altas temperaturas (alrededor de 1000°C), producen una mayor cantidad de alquitrán, lo que a su vez causa que el poder calorífico disminuya [8]. Los gasificadores de lecho fijo a su vez, se pueden clasificar dentro de tres grupos: gasificadores de flujo ascendente, de flujo descendente y de flujo cruzado y esta clasificación va a depender de la manera en la que se produzca el flujo del aire.

3.4.2 Gasificador de flujo ascendente

En estos tipos de gasificadores el reactor es alimentado desde la parte superior y el aire, oxígeno o vapor de agua entran por la parte inferior del gasificador; lo que significa que el gas se mueve en dirección contraria y por eso obtienen el nombre de gasificadores en contra corriente. El combustible pasa por una zona de “secado” en donde se elimina la humedad que este posee y se libera agua sin reaccionar. Seguido a esto, ocurre el proceso de pirólisis, en donde se da la descomposición del material en forma de gas y cenizas [3]. Este tipo de gasificador es frecuentemente utilizado en el caso de que el tipo de biomasa a utilizar presente un alto contenido

de humedad, pero su desventaja es que produce un alto contenido de alquitrán [7]. La biomasa a utilizar en este tipo de gasificador debería contar con las siguientes características para que el proceso mantenga su eficiencia:

Tabla 2. Parámetros para la biomasa en gasificadores de flujo ascendente [3]

Característica de la biomasa	Parámetro
Tamaño de la biomasa	0.5-20 cm
Contenido de agua	< 40% de la masa húmeda
Contenido de cenizas	< 6% de la masa seca
Tamaño de la fibra	≤ 5 mm

3.4.2 Gasificador de flujo descendente

El gasificador de flujo descendente, es también denominado gasificador de corriente paralela. En este modelo el agente reactante (aire, vapor de agua u oxígeno) es suministrado por la parte media del gasificador, por lo cual el *syngas* es entregado por la parte inferior de este. Esto significa que el combustible y el gas se mueven en la misma dirección [1]. Su diferencia principal con el gasificador de flujo ascendente recae en que los gases liberados en el proceso de pirólisis intervienen en el proceso de gasificación, mientras que en los de flujo ascendente no ocurre esto. La principal desventaja de este modelo es el alto contenido de cenizas y humedad. Sin embargo, estos gasificadores cuentan con una ventaja y es que, si son operados a la temperatura apropiada, producen un gas que se puede utilizar en motores de combustión interna, ya que el gas generado tiene un bajo nivel de alquitrán. Esto se debe a que en el proceso de pirólisis se produce un gas que atraviesa una zona en la que la temperatura apropiada que mencionamos anteriormente (800°C-1300°C), se encarga de craquear el alquitrán y de este modo se produce un mejor *syngas* [7] [8]. Al igual que en el gasificador de flujo ascendente, la biomasa a utilizar en este tipo de gasificador debería contar con las siguientes características para que el proceso mantenga su eficiencia:

Tabla 3. Parámetros para la biomasa en gasificadores de flujo descendente [3]

Característica de la biomasa	Parámetro
Tamaño de la biomasa	2-20 cm
Contenido de agua	<10-25% de la masa húmeda
Contenido de cenizas	< 6% de la masa seca
Tamaño de la fibra	≤ 5 mm

3.4.3 Gasificador de flujo cruzado

El gasificador de flujo cruzado es parecido al de flujo descendente, pero en este caso el agente reactante entra al gasificador mediante una garganta, la cual es ubicada en la

parte inferior del éste y el gas producido entonces sale por el lado opuesto a la entrada del agente reactante [8]. Este tipo de gasificador tiene un tiempo de arranque corto, de aproximadamente cinco minutos, tiene la capacidad de operar con combustibles húmedos o secos, y la temperatura del producto final es alta. Por eso el contenido de hidrógeno y metano del *syngas* resultante es bajo [3].

3.4.4 Gasificador de lecho fluido

En este modelo, el agente gasificante es introducido por la parte inferior del sistema, y es también el gas de fluidización, y la biomasa es introducida por la parte superior del gasificador. La biomasa se encuentra en estado sólido y se mantiene en contacto constante con un catalizador, el cual puede encontrarse suspendido en un fluido, ya sea en estado líquido o en forma de gas. La biomasa es calentada casi instantáneamente a la temperatura que se requiere para las reacciones químicas, lo que causa que el proceso de pirólisis ocurra muy rápidamente y con una alta cantidad de gases [7]. Este tipo de reacción, que se mantiene en movimiento constante, asegura que el combustible se encuentre en contacto profundo con el catalizador. Una desventaja de este tipo de gasificador es el hecho de que, al ser una reacción homogénea, no permite dividir la reacción en diferentes áreas; sin embargo, posibilita el alcanzar altos niveles de potencia (100 MW).

3.4.5 Gasificador de flujo arrastrado

En este tipo de gasificador el proceso de gasificación es rápido ya que trabaja con temperaturas altas que oscilan entre 1200 y 1500°C [3]. Como resultado de este hecho, la pirólisis del combustible junto con la gasificación ocurren al mismo tiempo. Esto significa que esta tecnología trabaja con bajos niveles de oxígeno y por lo general suele funcionar con presiones que oscilan entre 20 a 70 bar [7].

4. Materiales y métodos

4.1 Materiales

Para realizar nuestra investigación necesitaremos una serie de equipos con los cuales realizaremos el pretratamiento a la biomasa para poder tener un bagazo de caña con las propiedades adecuadas para la producción de un *syngas* de alta calidad, dichos materiales son:

- Analizador de gas de síntesis, modelo *Gasboard* 30100P
- Picadora/triturador forrajero marca *Trapp*, modelo TRF-300.
- Pelletizadora de marca *Torotrak* con dado de orificios de 4 mm de diámetro
- Gasificador tipo flujo ascendente o descendente (en proceso de elección)
- Bagazo de caña de azúcar
- Termopares
- Soplete

4.2 Metodología

Este proyecto de investigación consta de distintas fases: revisión bibliográfica, obtención de la biomasa de los distintos ingenios, pruebas con el gasificador y análisis del *syngas* producido, cuantificación de la energía producida por kilogramo de bagazo de caña de azúcar quemado en los distintos ingenios.

4.2.1 Revisión bibliográfica

En este punto de nuestro proyecto de investigación nos instruiremos en el tema de la producción de energía utilizando biomasa mediante el proceso de gasificación. Básicamente, leeremos publicaciones que se hayan hecho basadas en temas relacionados a nuestro enfoque, para poder extraer los conceptos necesarios de dichas publicaciones y artículos, de tal modo que podamos aplicarlos a nuestro proyecto.

4.2.2 Obtención de la biomasa

Para poder hacer un análisis competente del rendimiento energético del bagazo de caña, se tomó una muestra de por lo menos dos ingenios azucareros en Panamá, debido a que las propiedades de este tipo de biomasa varían dependiendo de muchos factores, entre ellos podemos mencionar el tipo de suelo en donde se planta la caña de azúcar, los fertilizantes y pesticidas que se usan para su cuidado. Es por esto, que el *syngas* que se obtendrá de uno u otro va a diferir, ya que las propiedades tales como su humedad, celulosa, carbono e hidrógeno pueden diferir por el tratamiento que se le dé en los sembradíos. Se obtuvieron quince sacos de bagazo de caña de la central azucarera de Alanje y diez sacos del ingenio Santa Rosa. Con esa cantidad de biomasa se realizaron distintas pruebas en los gasificadores.

4.2.3 Pruebas de los gasificadores y análisis del *syngas*

En esta etapa de la investigación se realizaron distintas pruebas en los gasificadores existentes en la sede de Tocumen de la Universidad Tecnológica de Panamá. Dichos gasificadores fueron modificados para mejorar su eficiencia, de tal modo que pudieran producir un mejor *syngas*. En estos dos gasificadores (flujo ascendente y descendente) no se realizaron pruebas con el bagazo de caña, sino que se usó virutas de madera para comprobar si eran capaces de producir *syngas*. Con estas pruebas se logró producir *syngas*, pero no en cantidades significativas. Por esta razón, se optó por adquirir un nuevo gasificador, pero se está decidiendo aún el tipo de gasificador que se importará. Sin embargo, de estas pruebas pudimos comprobar que se logró producir una pequeña cantidad de *syngas* con los gasificadores que aún están en proceso de restauración. Al momento de adquirir el nuevo gasificador, al darle un pretratamiento a la biomasa se conseguirá un mejor *syngas*. Además de esto, se adquirió equipo con el que se dará un pretratamiento al bagazo de caña para obtener una biomasa con mejores propiedades para utilizar en el gasificador, entre estos equipos podemos mencionar la picadora y la peletizadora.

4.2.4 Cuantificación de la energía producida en los ingenios azucareros

Para poder realizar una comparación entre el rendimiento energético que le brinda al ingenio quemar el bagazo de caña en una caldera, es necesario ir a los ingenios y obtener información de este proceso para poder saber que tanta energía producen. Una opción podría ser saber cuántos kilogramos de azúcar obtienen al quemar una cantidad de kilogramos de bagazo de caña de azúcar. Una vez se haya obtenido esta información, se procederá a hacer la comparación con la energía que puede producir nuestro *syngas* y así sugerir actualizaciones en los equipos de los ingenios para obtener un mejor rendimiento en sus procesos de planta.

5. Resultados y discusión

Los resultados que esperamos obtener una vez hayamos finalizado la etapa de experimentación son que el bagazo de caña de azúcar, al ser gasificado sea capaz de producir un *syngas* tan eficiente que produzca más energía que cuando se quema directamente en una caldera. De igual modo, esperamos que el pretratamiento del bagazo de caña de azúcar, al ser peletizado, sea más apto para mejorar la eficiencia del proceso de gasificación que cuando se gasifica el bagazo en su estado fibroso.

Otro resultado que deseamos obtener es poder conocer qué tipo de gasificador produce un mejor *syngas* y para esto es necesario seguir haciendo ciertas modificaciones en los gasificadores con los que contamos actualmente, hasta que llegue el nuevo equipo que se planea utilizar. Finalmente, al haber probado que la gasificación de este tipo de biomasa es un proceso que traería muchos beneficios a un ingenio azucarero, esperamos que nuestra sugerencia de actualizar la planta con un equipo que permita que sus procesos sean más eficientes sea aceptada, puesto que de esto depende que en un futuro su proceso de planta sea tan eficiente que haya un excedente de energía que podrían incluso utilizar para otros fines de la planta.

6. Conclusiones

La gasificación de biomasa es un proceso líder para la producción de un gas, que puede ser utilizado tanto para aplicaciones de calor centralizado, como para producción de energía eléctrica y recientemente, se ha destacado por presentar un nivel de competitividad alto contra los recursos no renovables. Esto se debe a que no solo la materia prima utilizada para el proceso presenta una gran disponibilidad a nivel mundial, en nuestro caso específico contamos con distintos ingenios azucareros alrededor de todo el país que siembran caña de azúcar en grandes cantidades, por lo que hacen que este tipo de materia, que además tiene un alto poder calorífico, sea una alternativa con un alto grado de aceptación para desplazar los recursos no renovables que son nocivos para el medio ambiente.

Basados en todos los estudios que hemos visto de distintos autores que trabajan en la misma línea de investigación, pero con distintos tipos de biomasa, podemos ver que han obtenido resultados impactantes en este aspecto, debido a que han demostrado que es posible generar energía eléctrica con este tipo de tecnología en grandes cantidades. Prueba de ello es que actualmente, se cuenta con una planta de biomasa de más de 700 MW en el Reino Unido.

Basados en los documentos revisados, podemos asegurar que este proyecto puede traer resultados positivos, no solo a los ingenios a quienes beneficiaría el hecho de poder producir más energía eléctrica para sus procesos de planta lo que implica que tendrían que comprar menos energía eléctrica para operar; sino que, esta puede ser la semilla que impulse el uso de este tipo de energía en Panamá, para dejar a un lado la dependencia que tenemos hacia los recursos no renovables que contribuyen al calentamiento global.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Panamá por facilitarnos sus instalaciones y educación para el desarrollo de este trabajo a través de la Jornada de Iniciación Científica (JIC). De igual forma, nuestra gratitud al Grupo de Investigaciones Energéticas y Ambientales (GIERA) por abrirnos sus puertas, por su soporte técnico y compartir con nosotros sus experiencias y oportunidades de investigación. Damos gracias a la Secretaria Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación (SENACYT) por el apoyo brindado mediante el financiamiento del proyecto de investigación N° IDDS15-083, a cargo del Dr. Orlando Aguilar, de donde surgió esta iniciativa de investigación. Finalmente, agradecemos a nuestros padres por guiarnos y darnos la oportunidad de contribuir con el crecimiento y desarrollo de nuestro país.

REFERENCIAS

- [1] McKendry, Peter, “Energy production from biomass (part 1): overview of biomass”, Applied environmental research center, Colchester, UK, 2001.
- [2] Castellanos, José U., Sierra, Fabio E., Guerrero, Carlos A., “Modelado del proceso de gasificación de biomasa para aprovechamiento energético: una revisión al estado de arte”. Colombia, 2002.
- [3] Friedrich Lettner, Helmut Timmerer, Peter Haselbacher, “biomass gasification – state of the art description”, Intelligent energy-Europe, 2007.
- [4] Martínez, Jorge, Díaz, Juan, “generación de combustible del bagazo de la caña de azúcar en panamá, mediante un proceso de gasificación: revisión teórico experimental. universidad tecnológica de panamá”, Panamá, 2010.
- [5] Bocci, E., Sisinni, M., Moneti, M., Vecchione, L., Di Carlo, A., y Villarini, M. (2014). State of Art of Small-Scale Biomass Gasification Power Systems: A Review of the Different Typologies. Energy Procedia.
- [6] Forero, Carlos A., Guerrero, Carlos A., Sierra, Fabio E., “Producción y uso de pellets de biomasa para la generación de energía térmica: una revisión a los modelos del proceso de gasificación”, Colombia, 2012.
- [7] McKendry, P. (2002c). Energy production from biomass (part 3): gasification technologies.
- [8] García Fernández, Luis Eduardo. “Obtención de gas combustible a partir de la gasificación de biomasa en un reactor de lecho fijo” 2011.

Diseño de un cultivador hidropónico vertical para uso doméstico

Design of a vertical hydroponic cultivator for domestic use

Daniel González¹, Yirene Caballero¹, Orlando Aguilar^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, ²Facultad de Ing. Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá. Grupo de Investigación en Energía Renovable y Ambiente (GIERA)

Resumen En los últimos años la hidroponía ha sido una técnica que ha demostrado ser eficiente para la producción de hortalizas y legumbres. El presente trabajo pretende detallar la construcción de un cultivador hidropónico vertical para espacios domésticos utilizando semillas de lechuga. Esto pretende beneficiar a personas que deseen realizar su propio huerto de lechuga en el hogar y que no cuenten con terreno o condiciones ambientales tradicionales para realizarlo. Se va a construir el equipo a base de tuberías de PVC, mangueras, aspersores de riego por goteo, bombas de agua y aire para peceras, que permita oxigenar el agua, temporizadores y luces LEDs, para compensar la función de la luz solar. Las semillas irán germinando y creciendo en el cultivador gracias a sustratos que proporcionarán los nutrientes, manteniendo una correcta circulación del agua para que se mantenga húmedo el sustrato. Se busca tener una producción de lechuga a bajo costo, que sea continua y abundante a lo largo del año en comparación al proceso tradicional de cultivo; rico en nutrientes, libre de pesticidas, de fácil y rápido acceso para todo público.

Palabras clave Cultivo, hidroponía, lechuga, nutrientes, raíces, sustratos.

Abstract In recent years hydroponics has been a technique that has proven to be efficient for the production of vegetables and legumes. The present work intends to detail the construction of a vertical hydroponic cultivator for domestic spaces using lettuce seeds. This aims to benefit people who want to make their own lettuce garden at home and who do not have land to do so. The equipment will be built with PVC pipes, hoses, drip irrigation sprinklers, water and air pumps for fish tanks, which allow the water to oxygenate, timers and LED lights, to compensate for the function of sunlight. The seeds will germinate and grow in the cultivator thanks to substrates that will provide the nutrients, maintaining a correct circulation of the water so that the substrate remains moist. The aim is to have a low-cost production of lettuce, which is continuous and abundant throughout the year compared to the traditional process of cultivation, rich in nutrients, free of pesticides, easy and quick access for all public.

Keywords Cultivation, hydroponics, lettuce, nutrients, roots, substrates.

* Corresponding author: orlando.aguilar@utp.ac.pa

1. Introducción

La palabra “hidroponía” se compone por los vocablos “hidro”, lo cual significa agua, y “ponía”, que significa labor o trabajo. El cultivo hidropónico es aquel que prescinde totalmente de la tierra para cultivar los alimentos. Este tipo de cultivo evita algunos problemas como la necesidad del uso de plaguicida, por lo que se obtiene un control casi total sobre el entorno, lo cual se traduce en cultivos más saludables. Un huerto hidropónico funcionará con las raíces en suspensión y con soportes variados. Las raíces absorben una solución balanceada de nutrientes disuelta en agua que cumple con todos los requisitos necesarios para el desarrollo de la plantación. El cultivo hidropónico podría ser una oportunidad para personas que, por falta de espacio y condiciones ambientales adecuadas, no pueden tener su propio huerto. De igual forma, este método puede introducirse en la producción a nivel industrial, para poder producir en gran medida los cultivos de hortalizas y legumbres que se desea.

La hidroponía permite producir plantas principalmente legumbres y hortalizas, en estructuras simples o complejas, aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, invernaderos climatizados o no, pero principalmente espacios interiores, considerando el no uso de suelo en el cultivo. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vista las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. El estudio de los macronutrientes (elementos químicos como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, etc.) ayudó en gran medida a perfeccionar la hidroponía hasta poder realizar cosechas comerciales a gran escala [1]. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo usos más eficientes del agua, nutrientes y espacio físico.

No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral. En la antigüedad hubo culturas y

civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos está basado en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad [2].

En el mundo, las ciudades han crecido y siguen aumentando su densidad poblacional. Debido a este crecimiento y a la reducción de zonas verdes en las ciudades, se deben buscar alternativas de producción que permitan obtener alimentos, plantas medicinales y ornamentales, en espacios reducidos, con pocas posibilidades de siembra y con recursos limitados de riego. Adicionalmente, con el aumento del consumo de alimentos orgánicos, también se hace importante, el poder contar con métodos de producción que permitan disminuir al máximo el uso de fertilizantes e insecticidas de fuentes químicas, remplazándolas por agentes orgánicos.

Los cambios en los tipos de construcción, principalmente los de vivienda, los cuales han pasado de casas amplias, con patios y antejardines, por apartamentos estrechos, con pequeñas terrazas, pueden presentar un problema para realizar un cultivo en espacios cerrados. De igual modo, los parques, colegios, algunas universidades, así como edificios del gobierno, han venido disminuyendo sus zonas verdes, por zonas en concreto para el mejor aprovechamiento económico del espacio y, en algunos casos, por cuestiones de salubridad pública, que hacen necesario implementar dispositivos que permitan traer la naturaleza a las ciudades. Sin embargo, la velocidad con la que se mueve el mundo moderno, los compromisos, los desplazamientos, etc., hacen que se dificulte el mantenimiento y sostenimiento de estas zonas en las ciudades.

Por lo anterior, se vuelve una alternativa viable, en las ciudades, la incorporación de sistemas de cultivos hidropónicos, con sistemas autónomos de riego que permitan a los propietarios la sostenibilidad del sistema, con una atención básica y periódica [3].

Mediante este proyecto se espera diseñar y construir un sistema de cultivo hidropónico para uso doméstico, el cual se utilice para cultivar lechuga u otros vegetales para uso ornamental y/o consumo.

2. Metodología

Para la confección del cultivador hidropónico vertical doméstico, se utilizaron materiales de fácil y económica adquisición, tales como tuberías de PVC, bombas de agua y oxigenación de peceras, mangueras y aspersores de riego por goteo. Se procedió a cortar una tubería de PVC de 48" de longitud y 6" de diámetro. A partir de 8" de la base, se perforaron a lo largo de la tubería de PVC, tres líneas de cinco orificios de 1 – 7/8" de diámetro cada uno. Los mismos están separados 8" entre centros cada uno, y las tres líneas de orificios se encuentran separadas a 120° entre sí. Bajo estas condiciones, se contó con un total de 15 orificios alrededor de toda la tubería, en los que se puede cultivar igual número de lechugas de manera simultánea. En cada uno de los orificios se

insertó un contenedor de 2 – 1/2" de largo, el cual fue cortado de manera transversal a 30° con respecto a la horizontal superior hasta la primera 1 – 1/2" de largo, el corte se realizó de esta manera para garantizar la acumulación del agua en la contraparte del contenedor con respecto a la parte donde se hizo el corte.

Se procedió a implementar el uso del sistema NFT (Nutrient Film Technique) para el sistema de irrigación. El sistema NFT representa una técnica que impulsa por medio de una bomba, a través de una serie de tuberías, una lámina fina de solución nutritiva que se pone en contacto con las raíces de la planta colocada en un recipiente con una ligera pendiente, que facilita la recirculación del líquido [4]. El sistema de irrigación está compuesto de una bomba de agua de pecera, un temporizador, marca Aqualín, para que se realice un riego cada 30 minutos. Se incluye también, una bomba aire, marca Power Air Pump modelo AP-308, con el objeto de mantener el agua de circulación oxigenada, fundamental para el correcto desarrollo de la planta. Las propiedades minerales y fertilizantes del agua serán medidas haciendo uso de un medidor de pH, un medidor de sólidos suspendidos totales y un medidor de conductividad eléctrica. De esta manera, se ajustan y mantienen los niveles de nutrientes según demandas de las plantas cultivadas.

Una vez construido el cultivador hidropónico, se procedió con su prueba, para lo cual, se seleccionaron y adquirieron las semillas de las variedades de lechuga para cultivo hidropónico.

En una bandeja de alveolos se colocó el sustrato y en él las semillas, tres por cada semillero, con el objetivo de que al menos, una de ellas germine. Se debe mantener toda la bandeja constantemente con agua, cerciorándose diariamente que el sustrato se mantenga húmedo de manera uniforme. Al cabo de una semana, las plántulas deben tener un tamaño de unos seis centímetros de altura y unas tres hojas por tallo [5]. Posteriormente, las plántulas son trasplantadas en los contenedores colocados para tal fin en el cultivador hidropónico y se continúa con el proceso de cultivo.

Se procede a verificar el pH que se suministra en la solución de nutrientes. Se ha observado que un pH óptimo para el crecimiento de la lechuga se encuentra entre los 6.2 y 6.5 [6]. Este rango es verificado por medio de un medidor pH-02 Pen-type. De igual forma, se mide la conductividad eléctrica por medio del equipo TDS&EC meter(hold), donde los mejores resultados oscilan entre 2 y 3 ds/m para mantenerse en un valor recomendado entre los 1.5 y 2 dS/m [7].

3. Resultados esperados

En un cultivo hidropónico las semillas germinan, crecen y se desarrollan hasta su producción en un sustrato en contacto con una solución que contiene los nutrientes requeridos. El sustrato es el encargado de proveer el crecimiento de las plantas, en este caso lechuga, lo cual va a garantizar una elevada productividad y una reducción en los costos de producción [6]. El agua es recirculada, por lo tanto, no se va a

presentar desperdicio, con un óptimo uso del agua acompañado de sus nutrientes. Muchos de los sustratos pueden ser de origen natural (turbas, virutas o aserrín), de origen mineral (arena o perlita) y de origen industrial (fibracel, lana de roca). Para poder definir uno que pueda ser elegido como el ideal a ser utilizado va a depender del uso específico al que vaya a ser destinado, esto quiere decir para la germinación de la planta, o crecimiento y desarrollo.

Al implementar la hidroponía vertical se puede tener su propio cultivo casero en cualquier espacio que se requiera en el hogar, tomando en cuenta que puede ser además de un sistema que produzca alimento. De igual forma este tipo de sistema de cultivo puede ser utilizado para la decoración de interiores que puede presentar una vivienda.

De obtener resultados favorables en el cultivo de lechuga en ambiente controlado en la ciudad de Panamá, se continuará con mayor investigación con el objeto de evaluar las mejores prácticas de cultivo y optimizar los rendimientos, considerando las condiciones ambientales de la ciudad de Panamá, en cuanto a temperatura y humedad relativa del aire, así como los requerimientos de iluminación artificial y temperatura controlada en ambientes interiores.

Gran parte de la luz solar que reciben las plantas se transforman en calor y parte de esta luz es aprovechada por ella para lograr un correcto crecimiento. Como parte de este proceso se propone utilizar luz artificial por medio de LEDs, ya que en muchas de las plantaciones hechas por cultivo hidropónico se utiliza este sistema para reemplazar la luz solar, además de ayudar a la plantación a la asimilación del carbono, la temperatura de las hojas, el balance hídrico, expansión de las hojas, el crecimiento de los órganos y tejidos, principalmente los tallos y su curvatura [8].

Con este proyecto se espera que los futuros usuarios puedan cultivar lechuga a lo largo de todo el año, haciéndolo en etapas, cosechando y plantando nuevas semillas, de forma tal que siempre estén presentes en uno o más cultivadores, lechugas en diferentes etapas de crecimiento. Esto representa una gran ventaja en comparación con los métodos tradicionales de cultivo, en los cuales, se requiere crear una planificación de los cultivos en campo abierto, para que el crecimiento de la lechuga coincida con el tiempo climatológico favorable para su correcto desarrollo [9].

4. Conclusiones

- La hidroponía es un sistema de cultivo fácil de mantener en lugares con poco espacio, ya que el mismo no presenta complicaciones en ninguna de las etapas de desarrollo de la planta, desde la siembra de las semillas hasta el cultivo de la lechuga.
- Con la continua implementación de estos equipos de cultivo se obtienen plantas de lechuga, con múltiples beneficios, como mayores nutrientes, mejor sabor y sin ningún tipo de pesticidas agregados en el proceso.

- El sistema hidropónico es un proyecto ideado para una producción continua a lo largo de todo el año.
- El rendimiento esperado de la producción por m² de suelo utilizado es con creces, superior al rendimiento por m² del cultivo tradicional en suelo.
- Los costos de producción y transporte se espera que sean menores que en el método de cultivo tradicional, dado que puede cultivarse en o cerca de los centros de consumo.

REFERENCIAS

- [1] María del Pilar Longar Blanco, María del Pilar M. Pérez Hernández, Edson Ríos Martínez, “El estado de Técnica de la Hidroponía”, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 4, No. 5, agosto 2013.
- [2] José Beltrano, Daniel O. Giménez, “Cultivo en Hidroponía”, La Plata: Universidad de la Plata, 2015.
- [3] Ricardo A. Forero R., Hollman G. Parra, Ricardo A. Luna C., Edwin R. Rivera C., “Agricultura Urbana: Sistema de Implementación de Cultivos Hidropónicos”, Vol. 4, No. 1, noviembre 2011.
- [4] Rogelio Armando Buendía Muciño, Ariel Cedillo Mendieta, Gabriel Vega Gutiérrez, “Diseño de un Invernadero Automatizado con Cultivo Hidropónico Vertical de Lechuga en El Rosario, Cuautitlán, Estado de México”, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., septiembre 2012.
- [5] Edson Ríos Martínez, “Hidroponía y Eco-innovación. Alternativas Tecnológicas para el Fomento de Huertos urbanos en la Ciudad de México”, México D.F., junio 2013.
- [6] Gustavo Adolfo Ramírez Guzmán, “Sistema de Producción Hidropónica de Lechuga”, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2016.
- [7] Penélope de La Rosa Topete, Irving Alberto Herrera Velásquez, “La Producción Hidropónica ¿Una alternativa Alimentaria en Espacios Urbanos?”, Universidad Autónoma del Estado de México, México, mayo 2015.
- [8] María Gabriela Bustamante Martínez, “Estudio de los Efectos de la Luz LEDs Sobre la Producción en Dos Variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un Sistema Hidropónico NFT Vertical”, Universidad de Guayaquil, 2016.
- [9] Rogelio Armando Buendía Muciño, Ariel Cedillo Mendieta, Gabriel Vega Gutiérrez, “Diseño de un Invernadero Automatizado con Cultivo Hidropónico Vertical de Lechugas”, Instituto Politécnico Nacional, México, septiembre 2012.

Sistema de riego con movilidad a base de energía solar

Irrigation system with mobility based on solar energy

Dayaneth Arrocha¹, Abel Camargo¹, Jorge Petit¹, Yneska Rosas¹, Vladimir Villarreal^{2*}, Lilia Muñoz²

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación, Centro Regional De Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá,

²Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Este proyecto trata de un robot que riega los cultivos mientras se moviliza con energía solar, que será almacenada en baterías, para que cuando el clima no le favorezca tenga energía para continuar trabajando. Además, tendrá la capacidad de detectar si hay personas en las parcelas, hacer un alto o cambiar la ruta y así poder evitar accidentes. El sistema también es capaz de detectar la temperatura cuando inicia el proceso de riego. Se ha decidido implementar la energía solar, ya que las máquinas utilizan petróleo que al quemarse generan grandes cantidades de desechos dañinos para el medio ambiente. Esto trae como consecuencia el cambio climático. La energía solar no contamina y es gratis, es por esto que tenemos que aprovechar esta fuente de energía renovable para capturarla y almacenarla. Aquí se transforman los fotones en energía eléctrica que usamos para darle vida a nuestro entorno y así no causaremos daños irreparables a nuestro medio ambiente.

Palabras clave Arduino, energía, motor, riego, sensores.

Abstract This project is about a robot that irrigates crops while it is mobilized with solar energy, which will be stored in batteries, so that when the weather does not favor it, it has energy to continue working. In addition, it will have the ability to detect if there are people on the plots, stop or change the route so that accidents can be avoided. The system is also capable of detecting the temperature when the irrigation process starts. It has been decided to implement solar energy, since the machines use oil that, when burned, generates large amounts of waste that is harmful to the environment. This results in climate change. Solar energy does not pollute and it is free, that is why we have to take advantage of this renewable energy source to capture and store it. Here the photons are transformed into electrical energy that we use to give life to our environment and thus we will not cause irreparable damage to our environment.

Keywords Arduino, energy, engine, irrigation, sensors.

* Corresponding author: vladimir.villarreal@utp.ac.pa

1. Introducción

El uso del riego en la agricultura es una práctica muy antigua, desarrollada con la finalidad de proveer una cantidad adecuada de agua para el correcto desarrollo de los cultivos y permitir así la producción de alimentos en la época seca, en la cual no existen lluvias frecuentes [1]. Existen máquinas que ayudan a los agricultores a facilitar sus labores cotidianas, pero para esto necesitan ayuda de un personal que se encarga de manejar estos equipos y los mismos son a base de combustible el cual al quemarse se convierte en humo que es perjudicial para el medio ambiente.

El presente trabajo consiste en realizar un sistema programable con dos etapas, ya sea riego o fumigación, para un cultivo y se implementará tecnología abierta como es el caso del Arduino. La placa Arduino utiliza lógica digital permitirá que el riego o fumigación sea más eficiente generando una cosecha de mejor calidad y mayor producción.

También se utilizará un panel solar que se encargará de transmitir energía a todo el sistema. Esta energía alimentará un circuito lógico que será el que da órdenes al motor o bomba eléctrica para llevar a cabo el funcionamiento.

2. Antecedentes

La entrada de los robots en la producción agrícola y ganadera choca muchas veces con el escepticismo de quienes creen que no podrán sustituir a los grandes tractores. Por ahora proporcionan más incrementos de productividad en las explotaciones más pequeñas o en cultivos específicos [2]. Cada día se están diseñando y construyendo diferentes tipos de robots que trabajen con total autonomía solar. Cada robot está equipado con células fotovoltaicas que le permiten, a la luz solar media, dirigir la electricidad recogida a sus motores y enviar la energía excedente recogida al litio [3]. Se está utilizando la tecnología para minimizar el impacto de la

agricultura en el medio ambiente y, al mismo tiempo, mejorar la calidad de vida [4]. Se realizan pruebas actualmente con los robots agrícolas, con el fin de mejorar los algoritmos para que puedan detectar con más precisión las malas hierbas [4].

Por su parte, la Powering Agriculture presentó el informe anual de 2018 que describe las actividades clave que impulsó la agricultura: un gran desafío energético para el desarrollo (PAEGC) que se llevó a cabo entre octubre de 2017 y septiembre de 2018 y que demuestran la importancia de utilizar la energía solar para la agricultura [5].

Según Best, expresó que los sistemas solares fotovoltaicos, por la flexibilidad de su aplicación, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione “paquetes” de servicios a las zonas rurales apartadas, por ejemplo, para los servicios de salud, educación, comunicaciones y luz eléctrica, así como para la agricultura y el suministro de agua [6].

Muchos han sido las soluciones que permite activar un sistema de riego a base de energía solar. El sistema se activa de forma fija, sin necesariamente estar en movimiento el sistema [7-10]. Nuestro proyecto además de utilizar la energía solar para activar el riego o fumigación también utiliza la energía para movilizar el dispositivo, que en nuestro caso es dispositivo con ruedas que carga y mueve todo el sistema. Esto facilita la reubicación del sistema de riego según donde se necesite.

3. Materiales

En el desarrollo de este proyecto se necesitaron algunos materiales, presentados a continuación (figura 1):

- Placa de Arduino Uno.
- Panel solar de 9V.
- Mini bomba sumergible 5V.
- Módulo de relé de alto nivel de 5V, es un interruptor que cierra o abre otros circuitos.
- Baterías de 9V recargables para el almacenamiento de la energía que envía el panel.
- Protoboard: es en el que se pueden insertar componentes electrónicos y cables para armar circuitos.
- Tubo de vinilo grado 5/16.
- Sensores DHT11 es el encargado de detectar la humedad y la temperatura.
- Sensor HC-SR04 se encarga de mostrar la distancia.
- Puente H sirve para el control de un motor de corriente directa.
- *Robot Smart Car chassis kit*
- *Jumper Wires Ribbon Cables Kit.*



Figura 1. Materiales para el diseño del prototipo.

4. Proceso de ensamblaje

En este punto se presentará por medio de fases todas las realizaciones del proyecto:

4.1 Fase 1

Recolección de materiales que serán utilizados en la elaboración de dicho proyecto.

4.2 Fase 2

Se inicia soldando con estaño los diferentes cables a los motores que llevaran la energía al *Robot Smart Car chassis kit* para su funcionamiento, luego se le adaptaron las ruedas. Se realiza la prueba de los sensores DHT11 y HC-SR04, para saber si su función con el código implementado es la correcta o si se tienen que hacer modificaciones. Este proceso se puede observar en la figura 2.



Figura 2. Pruebas iniciales de programación, ensamblaje y puesta en marcha.

4.3 Fase 3

Se unió el puente H al robot y se le colocaron los cables de los motores, luego se instaló el cableado que va del Arduino al puente H, para así programar las ruedas para su funcionamiento, como se muestra en la figura 3.

Posteriormente se programó la bomba que se encargará de regar y fertilizar las parcelas. Dichas pruebas arrojaron

resultados positivos, los cuales no permitieron avanzar a la siguiente fase.

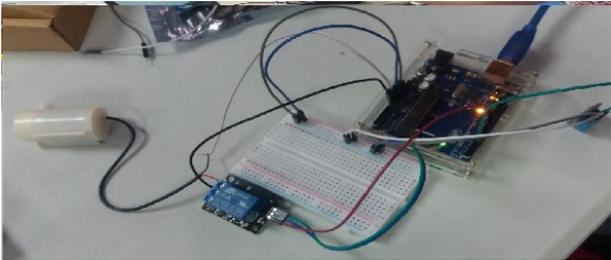


Figura 3. Comprobación de código en Arduino para arranque de la bomba y movimiento del carrito.

4.4 Fase 4

En esta última fase se unen todos los materiales utilizados en el chasis para probar su funcionamiento en conjunto (figura 4). Se hacen algunos cambios en la unión de códigos como pruebas tentativas para saber si la implementación está correcta.

5. Funcionamiento del sistema

En este espacio se muestra el funcionamiento del sistema implementando todos los materiales requeridos.

En la figura 5, el sistema espera la orden del usuario para comenzar su trabajo. El usuario presiona el botón de encendido

para que haga su función. En este momento detectará el nivel de temperatura y humedad, si ambas están dentro del rango y la distancia que marque el sensor sea mayor que 15 cm se encenderán los motores que harán movilizar las ruedas y luego iniciar el riego. En el instante en el que el mismo detecte una persona u objeto en la parcela, detendrá el sistema de riego y apagará los motores de las ruedas para así evitar accidentes. Una vez concluido su ciclo el mismo regresará a su punto inicial.



Figura 4. Unión de los materiales.

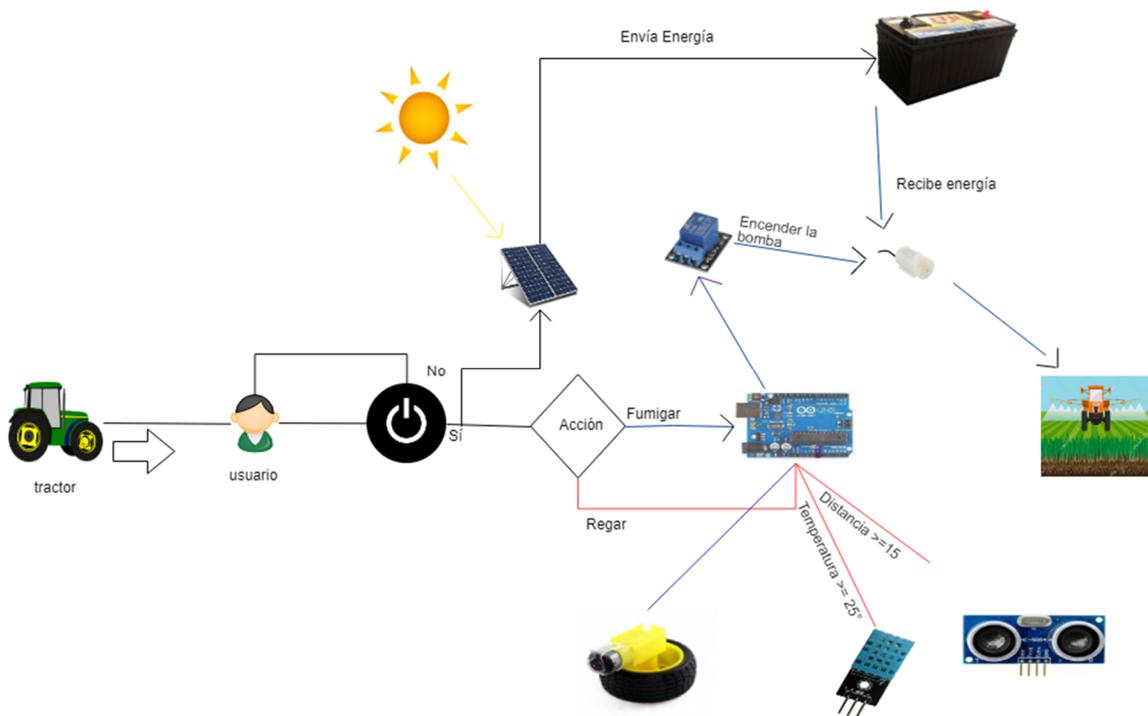


Figura 5. Diagrama Funcional.

6. Resultados

Después de un largo periodo de pruebas realizadas entre sensores, mini bomba sumergible, Arduino y motores, se obtienen los siguientes resultados.

```

COM5
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 173 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 172 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 172 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 174 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 172 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 173 cm
Riega
Temperature = 24 °C , Distance = 172 cm

```

Figura 6. Registro de la temperatura y distancia para regar.

En la figura 6 se puede apreciar la compilación de cómo funciona la mini bomba sumergible, en ella se ve que de acuerdo a la condición puesta en nuestro código ella hace la función de regar.

```

COM5
No riega
Temperature = 24 °C , Distance = 6 cm
No riega
Temperature = 24 °C , Distance = 5 cm
No riega
Temperature = 24 °C , Distance = 5 cm
No riega
Temperature = 24 °C , Distance = 5 cm
No riega
Temperature = 24 °C , Distance = 13 cm

```

Figura 7. Registro de la temperatura y distancia para no regar.

Se aprecia en la figura 7 que como no cumple la condición dada, no regará.

El sistema de riego está listo para ser utilizado y brindar una ayuda a los agricultores o personas que necesiten implementarlo en sus negocios (figura 8).

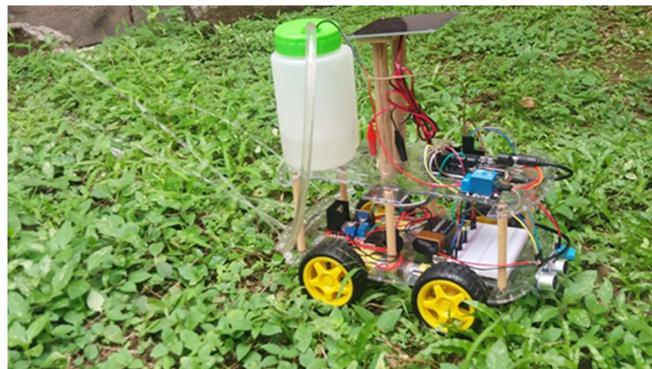


Figura 8. Sistema de riego.

7. Conclusiones

La generación de soluciones como estas, permiten solucionar el problema de riego controlado por dispositivos de bajo costo. Este sistema proporcionará ayuda para los agricultores, ya que representará un gran ahorro en cuanto a combustible, y mejorará la producción de los cultivos, además contribuirá con el medio ambiente, ya que en la actualidad se ve afectado con la contaminación del aire debido al tipo de combustibles que se utilizan en el campo.

Para ambientes de producción, el aprovechamiento de la energía solar resulta ser un elemento decisivo en cuanto a la optimización de recursos en los productores de nuestro país. Podemos controlar aspectos como temperatura, consumo de energía, distancia requerida para movilizar los equipos, entre otros aspectos o indicadores para mejorar la producción. No sólo en este tipo de proyectos sino en todas las fases de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías.

El proyecto desarrollado puede ser implementado en huertos o cultivos controlados y que requieran un equipo de fácil movilización entre las parcelas.

AGRADECIMIENTOS

Le damos las gracias al Profesor Vladimir Villarreal por motivarnos a realizar este proyecto que nos ha ayudado a obtener conocimientos y complementarlos con los nuestros, para así llevar a cabo el funcionamiento de nuestro robot.

REFERENCIAS

[1] S. Cruz *et al.*, “Sistema de Riego.” 2015. [Online]. Available: https://www.academia.edu/11172639/sistema_de_riego

[2] B. Isabel, “Los robots, un nuevo paradigma en la agricultura - Horticultura,” 2018. [Online]. Available: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/206286-Los-robots-un-nuevo-paradigma-en-la-agricultura.html>. [Accessed: 06-Jun-2019]

[3] AgriExpo, “Robot agrícola de corte / autónomo / de energía

- solar / vitícola - Vitirover.” [Online]. Available: <http://www.agriexpo.online/es/prod/vitirover/product-177234-28632.html>. [Accessed: 08-Jun-2019].
- [4] Cinco Noticias, “EcoRobotix, el robot agrícola autónomo y ecológico.” [Online]. Available: <https://www.cinconoticias.com/ecorobotix-robot-agricola-autonomo-y-ecologico/>. [Accessed: 22-Apr-2019].
- [5] Powering Agriculture. (2019). Powering Agriculture Annual Report FY 2018. Feb. 26, 2019 [Accessed: 6-Feb-2020]
- [6] Best, G., Van Campen, B., & Guidi, D. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles.
- [7] Sinha S., 2000; The solar photovoltaic programme in India - draft; 2000 and personal communication.
- [8] Alfaro Rocha, J. A., Corbacho Torregroza, A. S., & Prada Hernandez, J. E. (2018). Análisis del internet de las cosas (IOT) y su aplicabilidad en el control remoto del sistema de riego de la finca La Josefa ubicada en Macondo zona bananera del departamento del Magdalena.
- [9] Bustamante, A., & Juniors, E. (2019). Energía solar fotovoltaica para mejorar el sistema de riego del caserío La Victoria provincia de Utcubamba.
- [10]Aqueveque Medina, E. J. (2009). Bombeo de Agua para Riego en Cerro Calán Utilizando Energía Solar Fotovoltaica.

Paulownia tomentosa, como reservorio natural de gases antropogénicos en la región de Azuero

Paulownia tomentosa, as a natural reservoir for anthropogenic gases in the Azuero region

Ginger Carrasco¹, Yuleinys Castro¹, José Norato¹, Anadalys Almengor¹, Eny Serrano^{1*}

¹Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen La producción de CO₂, tiene un impacto negativo en el ambiente. Lo que lleva a optar por soluciones que puedan contrarrestar la emisión de este gas de manera eficiente. Este proyecto presenta la reforestación con la especie *Paulownia Tomentosa*, para mitigar el impacto atmosférico producido por los vehículos a motor existentes en las ciudades de Chitré, Provincia de Herrera y La Villa de los Santos, Provincia de los Santos, las cuales están ubicadas en el Arco Seco de la República de Panamá. Teniendo en cuenta la capacidad de absorción de dióxido de carbono que tiene la especie, la cantidad de vehículos dentro de las localidades estudiadas y los reservorios naturales existentes en la zona, los datos apuntan a que la cantidad de árboles a sembrar de esta especie es menor a 2000 plantones.

Palabras clave *Paulownia Tomentosa*, dióxido de carbono, cambio climático, calentamiento global.

Abstract CO₂ production has a negative impact on the environment, which leads to opting for solutions that can counteract the emission of this gas efficiently. This project presents the reforestation with the *Paulownia Tomentosa* species to mitigate the atmospheric impact produced by the existing motor vehicles in the cities of Chitré, Herrera Province and La Villa de los Santos, Los Santos Province. They are located in the Arco Seco (dry arch) of the Republic of Panama. Taking into account the carbon dioxide absorption capacity of the species, the number of vehicles within the places studied and the existing natural reservoirs in the area, the data indicates that the number of trees of this species to be planted is less than 2000 seedlings.

Keywords *Paulownia Tomentosa*, carbon dioxide, climate change, global warming.

* Corresponding author: eny.serrano@utp.ac.pa

1. Introducción

El calentamiento global es el aumento de la temperatura de la Tierra causada por las emisiones de CO₂ y CH₄ que realiza el efecto invernadero por acción del hombre [1]. Cada año en la Tierra se destruyen cerca de 13 millones de hectáreas forestales [2], por el mal uso del suelo, la deforestación y la quema de combustibles fósiles. Un ejemplo de este último es el petróleo, uno de los más utilizados a nivel mundial [3], productor de CO₂, un gas contaminante.

La gasolina es un derivado del petróleo y la principal fuente de energía para los vehículos terrestres. Una consecuencia de su uso es la emisión diaria de CO₂.

REDD+ (Reducción de emisiones por deforestación y degradación) es una iniciativa creada por la ONU-REDD para reducir las emisiones de CO₂ [4] causadas por la deforestación y la degradación forestal en países en desarrollo, que busca promover la conservación y el manejo sostenible de los bosques, y aumentar las reservas de carbono. En América se llevan a cabo proyectos con la iniciativa de mitigar el cambio

climático. Entre estos están: el proyecto *Kiri Revolution* ubicado en Texas (USA) [5] y “La Fábrica de Oxígeno” [6] en San Luis, Argentina, que utiliza al árbol para contrarrestar el CO₂ en el ambiente y purificarlo.

El 70% de las emisiones de CO₂ (2016) [7] se generan en las ciudades. Panamá se ha visto afectada por esto; lo cual, ha provocado una reducción del 30% de las zonas boscosas y ocasionado un aumento de CO₂ en el ambiente. Dejando como resultados ríos desérticos, y un aumento en la temperatura por la acumulación de gases de invernadero en la atmósfera. Esto trae como consecuencia ciudades y campos agrícolas destruidos, muchas zonas de desastres, inundaciones y sequías severas que causan múltiples daños.

Las emisiones de CO₂ (2010) per cápita en Panamá son de 2.62 toneladas métricas [8] y una forma de contrarrestar esto sería plantar el árbol *Paulownia Tomentosa*, que en comparación con otras especies absorbe casi diez veces más CO₂ [9] y se adapta a suelos pobres [10] aportándoles nitrógeno y oxígeno, lo cual contribuye a restablecer el ecosistema.

Esta iniciativa se implementará en los distritos de Chitré y Los Santos, que en comparación con el resto del área boscosa del país presenta índices menores; por ende, se realizó un análisis de regresión matemática que consiste en utilizar datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo y el Municipio de Panamá (Chitré y Los Santos) para estimar la cantidad de árboles de dicha especie que deberían ser plantados para restaurar el entorno.

2. Antecedentes

En Panamá se desarrollan múltiples proyectos en pro de la conservación del ambiente con un solo objetivo, recuperar el hábitat que poco a poco está desapareciendo.

Alianza por el millón de hectáreas es una iniciativa que tiene como objetivo reforestar un millón de hectáreas [11] en los próximos 20 años, cuyas componentes son la conservación de los bosques naturales, restauración de los bosques de galería y de las tierras degradadas.

Parte de esta iniciativa es el programa de inversión para la restauración de cuencas [12] hidrográficas prioritarias, Río Grande (Coclé), La Villa (Herrera, Los Santos) y Santa María (Veraguas, Ngäbe-Buglé, Herrera). Su objetivo general es restaurar y reforestar áreas de protección acuíferas y zonas degradadas en las cuencas hidrográficas priorizadas del país.

El proyecto “protección de reservas y sumideros de carbono en los manglares y áreas protegidas de Panamá” [13] busca demostrar la contribución que hacen los ecosistemas de manglar a la gestión del riesgo y de cambio climático. El proyecto contribuirá a la mitigación y adaptación al cambio climático y a la conservación de la biodiversidad.

La iniciativa REDD+ (Reducción de emisiones por deforestación y degradación) en Panamá se encarga de reducir las emisiones de dióxido de carbono causadas [14] por la deforestación y la degradación forestal en países en desarrollo, promover la conservación y el manejo sostenible de los bosques, y aumentar las reservas de carbono.

El Proyecto ecológico Azuero (PROECO), que desde 2010, se ha dedicado a la reforestación, desarrolla tres programas: Vivero de árboles, Huerto orgánico y Banco de semillas para la restauración de hábitat, manejo sostenible de tierras [15] y educación ambiental con la misión de conservar el ecosistema y proteger la biodiversidad.

3. Metodología

Para el desarrollo del proyecto fue necesario obtener los valores de la cantidad de autos que circulan en los distritos de Chitré y Los Santos, proporcionados por el Municipio de dichos distritos. Además, el total de autos que circulan en la República de Panamá.

Con estos valores se calcula el porcentaje de automóviles que circulan en ambos territorios (1)

$$\% = \frac{AC+AL}{AT} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

AC= Autos de Chitré

AL= Autos de Los Santos

AT= Autos totales de la República de Panamá

Después, para obtener los valores necesarios, se totalizó la cantidad de combustible, es decir, gasolina y diésel (2) que se consume a nivel nacional.

$$TC = TD+TG \quad (2)$$

Donde:

TC= Total de miles de galones de combustible

TD= Total de miles de galones de diésel

TG= Total de miles de galones de gasolina

Una vez obtenido esto, se multiplicó la cantidad total de combustible a nivel nacional por el porcentaje de autos de los distritos (3).

$$GCL = TC \times \% \quad (3)$$

Donde:

GCL= Miles de galones de combustible en Chitré y Los Santos

Lo que dio como resultado los miles de galones que se consumen por año en las áreas de estudio. Luego se hizo la conversión de miles de galones a litros (4) para obtener los valores por año, mes, día, hora y minutos en el sistema internacional de medidas.

$$LPA = \left(\frac{3.78541 \text{ L}}{1 \text{ Galón}} \right) \times GCL \quad (4)$$

Por otro lado, para calcular las emisiones de CO₂ que producen los autos, la calculadora huella de carbono para el transporte nos pide la distancia en kilómetros recorridos. Para obtener este valor, se evaluaron cuatro tipos de autos distintos, pequeño, mediano, grande y *pick-up*, que utilizan gasolina y diésel en una distancia conocida.

Estos datos se utilizan en conjunto con la cantidad de dinero con que se llenó cada auto, como resultado nos da la cantidad de litros que utilizan estos autos en la distancia ya conocida (5).

$$LPD = 25 \left(\frac{1 \text{ L}}{\text{PB}} \right) \quad (5)$$

Donde:

CCB=Cantidad de combustible comprada en balboas

PB= Precio en Balboas

Luego, se multiplican los litros totales de combustible por los minutos antes obtenidos y por la distancia recorrida, todo esto entre la cantidad promedio de litros (6).

$$DT = \left(\frac{LPM \times TDR \times DR}{LPDPromedio} \right) \quad (6)$$

Donde:

LPM= Litros totales por minuto

TDR= Tiempo total recorrida

DR= Distancia total recorrida

Este valor se introduce en la calculadora antes mencionada, para obtener el total de kilogramos de carbono que los autos de los distritos de Chitré y Los Santos producen.

Para conocer la cantidad de CO₂ que es absorbida por los diferentes tipos de bosques en las áreas de estudio se multiplicó el promedio por año de consumo de CO₂ por el total de árboles existentes, ambos por hectárea (7).

$$CCO = TCB \times PA \quad (7)$$

Donde:

TCB= Total de la cobertura boscosa por hectárea

PA = Promedio de absorción de los árboles en un año por hectárea

Como resultado nos da la cantidad de CO₂ que es absorbida por año por los bosques.

Luego, restar la cantidad total de CO₂ que absorben los árboles de la cantidad de CO₂ que producen los autos por año (8).

$$\Delta R = LPA - CCO \quad (8)$$

La diferencia de esto se divide entre la cantidad teórica promedio de kilogramos de CO₂ que absorbe la *Paulownia Tomentosa* al año para conocer la cantidad promedio de este árbol a sembrar para mitigar CO₂ restante.

$$\text{Total de } Paulownia \text{ Tomentosa} = \left(\frac{\Delta R}{21.7 \text{ kg}} \right) \quad (9)$$

4. Resultados

Calculamos el porcentaje de autos que circulan en los distritos de Chitré y Los Santos con los datos suministrados por los Municipios y Contraloría General de la República de Panamá.

$$\% = \frac{17\,516 + 6\,000}{783\,204} \times 100 = 3\% \quad (10)$$

Conociendo este porcentaje y TC, obtuvimos el consumo de miles de galones de combustible.

$$GCL = (310\,013 + 350\,718)(3\%)$$

GCL= 19 821.93 miles de galones de combustible

Con esto obtuvimos los litros que se consumen por año y minutos.

$$LPA = \left(\frac{3.78541 \text{ L}}{1 \text{ Galón}} \right) \times 19\,821.93 \times 10^3 \text{ galones}$$

$$LPA = 75.034132 \times 10^6 \text{ Litros por año}$$

Litros por minutos= 144.741767 Litros por minutos

Para el auto 1

$$LPD = 25 \left(\frac{1 \text{ L}}{0.866} \right) = 28.8684 \text{ L}$$

Para el auto 2

$$LPD = 20 \left(\frac{1 \text{ L}}{0.845} \right) = 23.6686 \text{ L}$$

Para el auto 3

$$LPD = 30 \left(\frac{1 \text{ L}}{0.866} \right) = 34.6420 \text{ L}$$

Para el auto 4

$$LPD = 20 \left(\frac{1 \text{ L}}{0.758} \right) = 26.3852 \text{ L}$$

Determinamos la distancia total en kilómetros que recorren todos los autos de Chitré y Los Santos, utilizando una distancia de 252.8 km.

$$DT = \left(\frac{(144.741767 \text{ L}) \times (195 \text{ min}) \times (252.8 \text{ km})}{28.391050 \text{ L}} \right)$$

DT = 251 313. 2903 km

El dióxido de carbono de que producen los autos de Chitré y Los Santos al año es de 128 696 262.5 kg, lo que equivale a 1 286 962.625 toneladas, generado por la calculadora de huella de carbono para el transporte.

Calculamos la cantidad de CO₂ que absorben los árboles en los distritos antes mencionados.

$$CCO = (36\,963.34) \times (34.50 \text{ toneladas}) \quad [16]$$

$$CCO = 1\,265\,235.23 \text{ toneladas de CO}_2$$

Este valor nos permite conocer la cantidad promedio de *Paulownia Tomentosa* a sembrar.

$$\Delta R = 1\ 286\ 962.625 - 1\ 265\ 253.23$$

$$\Delta R = 11\ 727.395 \text{ toneladas de CO}_2$$

$$TPT = \left(\frac{32.1298 \text{ toneladas}}{21.7 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{0.001 \text{ toneladas}} \right)$$

Total de *Paulownia Tomentosa* = 1 481 árboles

5. Conclusión

En los distritos de Chitré y La Villa de Los Santos para el año 2017 se mantiene un registro vehicular hasta el desarrollo de este estudio de 23516, lo cuales emiten 1.27 x106 toneladas de CO₂ por año aproximadamente.

Al obtener el promedio de CO₂ que no es absorbido por los bosques existentes en los distritos de Chitré y Los Santos, podemos concluir que para mantener un reservorio de carbono óptimo entre ambos distritos, los cálculos matemáticos indican que con reforestar un aproximado de 1481 árboles de la especie *Paulownia Tomentosa*, podemos mitigar el impacto generado por los vehículos a motor de estas comunidades.

La Semilla de *Paulownia Tomentosa* es adaptable a suelos con un pH de entre 5.0 – 8.9, lo que es favorable, ya que los suelos de la zona poseen características similares. En la provincia de Los Santos el pH oscila entre 5.6 – 5.9, lo que corresponde a un 36% de sus suelos y en la provincia de Herrera es de 5.0 correspondiente a un 51%. Esto nos muestra una alta probabilidad de que este árbol germine y podamos verlo como una opción para solucionar esta problemática [15].

REFERENCIAS

- [1] A. Says, (12/10/2018), “Calentamiento Global”. [Online] Available: <http://queesela.net/calentamiento-global/>
- [2] ONU P. Thompson, (1/05/2017). [Online]. Available: www.news.un.org/es/story/2017/05/1378001
- [3] C. Pérez Morales, (28/8/16) “Posibles Consecuencias del Cambio Climático”. [Online]. Available: <https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/posibles-consecuencias-del-cambio-climatico-1040433>

- [4] Mi Ambiente, (07/02/2018). [Online]. Available: http://www.miambiente.gob.pa/redd/index.php?option=com_content&view=article&id=140:para-que-se-creo-redd&catid=84&Itemid=580&lang=es
- [5] K. Okura, Ch. Sanders, K. Suigura, (25/03/2013) “Kiri Revolution”. [Online]. Available: <https://www.thekiritree.com/history>
- [6] Marcelo Cantó, (07/06/2017). [Online] Available: <http://argentea.com/kiri/>
- [7] Yanelis Dominguez, (14/01/2018). [Online]. Available: <https://www.diaadia.com.pa/el-pais/panama-en-la-lucha-contra-la-huella-de-carbono-y-cambio-climatico-331958>
- [8] Secretaría Nacional de Energía, (2017) [Online]. Available: <http://www.energia.gob.pa/>
- [9] La Vanguardia. (04/01/2017) [Online]. “Este es el árbol que puede ayudar a combatir el cambio climático”. Available: www.lavanguardia.com/natural/20170102/413034036992/arbolkiri-cambio-climatico
- [10] M. Marimar, (27-02-2018), “La Revolución del Kiri, el árbol que puede salvar el Mundo. [Online] Available: www.elblogverde.com/la-revolucion-del-kiri-el-arbol-que-puede-salvar-al-mundo/
- [11] Mi Ambiente, “Alianza por El Millón”, [Online] Available: https://www.alianzaporelmillon.org/?page_id=366
- [12] Mi Ambiente, “Alianza por El Millón”, [Online]. Available: https://www.alianzaporelmillon.org/?page_id=7005
- [13] Mi Ambiente, “REDD+”, [Online]. Available: <http://www.miambiente.gob.pa/redd/index.php?lang=es>
- [14] Proyecto Ecológico Azuero, (PROECO), [Online]. Available: <https://proecoazuero.org/quienes-somos/>
- [15] J. Villarreal, I. Ramos, J. Villalaz, A. Santo, (abril 2016). Caracterización de los suelos de la región de Azuero-Panamá para elaboración de mapas detallados, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/301291324>
- [16] Dr. M. G. Manzano, Ing. J.C. Hernández, (15/05/08). Estimación de la Captura y Almacenamiento de Carbono en Ecosistemas de la Reserva de la Biósfera Sierra Luna. [Online] Available: http://www.katoombagroup.org/~katoomba/documents/events/event19/Captura_y_almacen_de_carbono_MMManzano.pdf

Disminución en el tiempo de enfriamiento en la producción de achiote en barra

Decreased cooling time in annatto bar production

Mitwel Díaz¹, Christ Henríquez¹, Lissa Vega¹, Katherina Vidal¹, Rita Araúz^{1*}
Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En este estudio se presenta el análisis de la variable tiempo de enfriamiento de las bandejas de achiote, escogida por ser una de las variables que más afecta el proceso de fabricación, el cual será analizado en base a los estándares de calidad cuidando cada detalle que se puede presentar en dicho proceso. Los datos son estudiados por medio de gráficos de control estadístico, y Seis Sigma. Los resultados obtenidos luego de haberse implementado las dos mejoras demuestran que se consiguió lograr el control del proceso.

Palabras clave Tiempo de enfriamiento, calidad, Seis Sigma, achiote, gráficos de control estadístico.

Abstract This study presents the analysis of the variable cooling time of annatto trays, chosen for being one of the variables that most affects the manufacturing process, which will be analyzed based on quality standards, taking care of every detail in the process. The data are studied by means of statistical control charts, and Six Sigma. The results obtained after the two improvements have been implemented demonstrate that control of the process was achieved.

Keywords Cooling time, quality, Six Sigma, annatto, statistical control charts.

*Corresponding author: rita.arauz@utp.ac.pa

1. Introducción

El propósito de esta investigación es el mejoramiento del proceso de elaboración del producto del achiote condimentado en una empresa de la localidad. Este proceso de fabricación es de forma manual, por lo tanto, es un proceso largo, por la cantidad de tiempo que se debe esperar a que las bandejas lleguen a una temperatura ambiente que permita la solidificación de la mezcla.

Este artículo tiene como objetivo comparar los datos recolectados antes y después de las mejoras propuestas y poder determinar los factores que afectan el tiempo de enfriamiento de las bandejas.

Se considera que logrando disminuir este tiempo de enfriamiento, se podrá aumentar la producción y la productividad laboral de este producto; y aquí radica la importancia de esta investigación, dada la alta demanda de este producto en el mercado panameño. El achiote es un colorante natural utilizado en distintas gastronomías principalmente las latinoamericanas y orientales.

2. Revisión literaria

El achiote o como pocos lo conocen Bixa orellana [1] es una especie botánica absorbente de las regiones de América. El achiote en barra consiste en una mezcla de achiote con grasa vegetal, harina y componente. De su fruto se obtiene un colorante natural utilizado para diversos propósitos. En este

caso, hablamos comercialmente, se utiliza para fines de coloración o condimento a las comidas. Se puede decir que, en la actualidad, hay muy pocas empresas que se dediquen a la producción de este tipo de especias.

El estudio se realizó en una empresa de la localidad, donde se desea implementar algunas mejoras que ayuden a tener una producción óptima, en cuanto al tiempo de secado de la mezcla de achiote antes de ser empacada y distribuida, cuidando ciertos estándares de la calidad. Otras variables a estudiar son el tiempo final de cocción, la cantidad de merma y la posición en que se coloquen las bandejas en los estantes para enfriarse. La gestión de la calidad es el procedimiento y técnica de planear, organizar, dirigir y controlar el uso de recursos para poder lograr cumplir ciertos objetivos tanto, específicos como generales, obteniendo mejoras continuas en cuanto a calidad y producción. Deming implementó el uso de la estadística dentro de los procesos productivos, así como la filosofía ahora conocida como Ciclo de Mejora Continua o Ciclo Deming que consiste en Planear – Hacer – Verificar y Actuar [2]. De acuerdo a lo anterior, se destacan las siguientes definiciones:

- Tiempo de enfriamiento: tiempo que demora la mezcla en tomar forma y compactarse dentro de los moldes.
- Tiempo de cocción: temperatura a la que se extrae el producto de las pailas.
- Merma: producto restante que se extrae de las bandejas, disminuye la temperatura de la mezcla y se puede lograr un tiempo de enfriamiento menor.

- Capacidad: se le conoce como la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada [3].
- Seis sigmas: concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos de una organización [4].
- Control estadístico: disminuye variabilidad de procesos y mejora la calidad, disminuye desperdicios. Reúne muchas aplicaciones de herramientas matemáticas como diagramas de Pareto, índices de capacidad, control charts, Seis Sigmas, mediciones de productividad [2].

2.1 Hipótesis

Los estudios realizados dan como resultado dos hipótesis:

- Una vez se alcance el tiempo de enfriamiento deseado, se verán cambios en cuanto a producción y consistencia del producto. A menor tiempo de enfriamiento, se obtendrá mayor eficiencia de producción.
- Con la aplicación de la merma del producto en la mezcla caliente (78°C), se obtiene una disminución en la temperatura de la mezcla. Temperatura propuesta de 45°C-50°C.

3. Metodología

3.1 Datos recolectados antes de mejoras

La recolección de los datos se basó en un subgrupo (SG) de diez mediciones que se realizaron en distintos días, en donde se medía el tiempo de enfriamiento en minutos de las siete bandejas obtenidas de una paila de achiote condimentado. En la tabla 1 a continuación se presentan los datos obtenidos. Con estos datos se realizan los gráficos de control estadístico que se muestran en las figuras 1 y 2, en donde se observa que el proceso no se encuentra en control estadístico.

Tabla 1. Datos recolectados del tiempo de enfriamiento, en minutos, de las bandejas de achiote condimentado en minutos

Bandejas							
SG	1	2	3	4	5	6	7
1	108	89	105	87	85	84	83
2	115	95	120	105	92	98	91
3	86	104	85	86	87	77	65
4	144	133	141	117	79	66	112
5	100	76	92	64	72	73	78
6	77	73	77	74	80	75	77
7	74	70	76	74	63	75	75
8	100	96	89	78	86	80	75
9	107	98	84	86	75	65	79
10	99	70	89	69	79	87	90

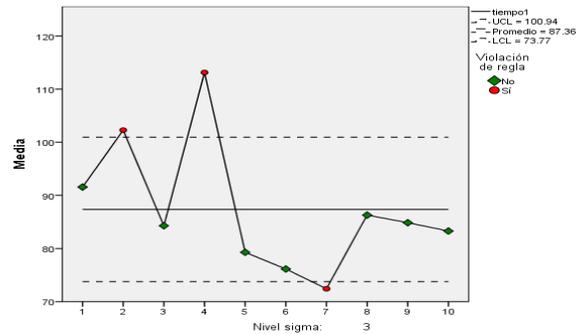


Figura 1. Promedio del tiempo de enfriamiento.

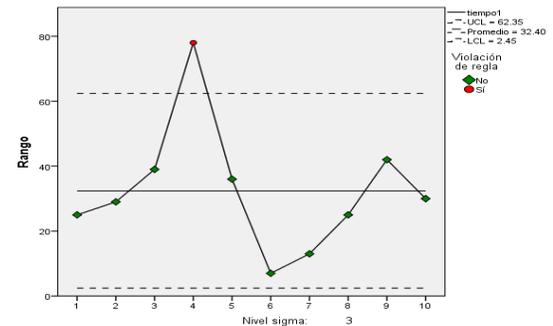


Figura 2. Rango del tiempo de enfriamiento.

El tiempo de enfriamiento es un factor importante que se ve influido por distintos factores, tales como:

- Temperatura del lugar donde se elabora el producto, ya que los estantes donde se colocan las bandejas están en el mismo cuarto donde están las pailas.
- Temperatura final de cocción, que sería la temperatura a la que se extrae el producto y se coloca en las bandejas para su enfriamiento; por lo que entre más caliente esté la mezcla más tardará en enfriarse.
- Cantidad de merma (producto sobrante) que se extrae de las bandejas, que no está dentro de la forma rectangular en la que se vende el producto, este es un factor importante, ya que al agregar la merma se baja la temperatura de la mezcla y se enfrían más rápido las bandejas.
- Posición en donde se coloca la bandeja en los estantes. Este factor se da porque el abanico que utilizan para acelerar un poco el proceso de enfriamiento solo tiene alcance a las bandejas de la parte superior de los estantes.

Por los factores anteriores la empresa tiene un tiempo promedio de enfriamiento de las bandejas de 100 minutos, lo que sería nuestra especificación superior, para poder hacer el análisis de capacidad, en donde se utilizaría el análisis de capacidad del proceso con una sola especificación.

$$C_{pk} = \frac{ES - \bar{x}}{3S} = \frac{100 - 87.80952}{3(10.66287)} = 0.38 \quad (1)$$

Según el valor del índice de 0.38 calculado y redondeando el valor a 0.3, utilizando la tabla 9.2 [5] se obtiene que el proceso está 18.40% fuera de una especificación, que sería el

porcentaje que está fuera de la especificación superior (especificación utilizada para el análisis de los datos obtenidos).

Los valores sobre 1.25 se consideran como índices de capacidad satisfactorio, pero si el valor es menor que 1 no cumple con esta regla; diciendo así que con un Cpk de 0.38, resultado de nuestros cálculos, se puede notar que el proceso no tiene capacidad. Esto significa que el proceso no es capaz de producir de manera estable dentro de los límites de especificación.

3.2 Mejoras propuestas por el equipo de trabajo para disminuir el tiempo de enfriamiento de las bandejas de achiote

1. Estandarizar la cantidad de merma utilizada en las pailas, ya que la utilización de estas disminuye la temperatura de las bandejas.
2. Controlar mediciones de la cantidad de mezcla vertida en cada bandeja utilizando un envase cuyas medidas puedan ser visibles y de fácil lectura.
3. Cambiar la balanza o calibración de esta, para poder tener un control más preciso de la cantidad de ingredientes de la misma mezcla para así evitar desperdicios de materia prima y garantizar la misma composición de los productos obtenidos.
4. Establecer un mantenimiento semanal de las bandejas o moldes, para evitar que las mismas presenten inconvenientes como inclinaciones, que no embonen bien los dos componentes de la bandeja, entre otros. Esto ayuda a que la mezcla se solidifique en barra de la mejor forma.
5. Disminuir la temperatura de vertido, luego de agregada la cantidad estándar de merma a la mezcla, en un rango propuesto de entre 45-50°C.
6. Propuesta de cambio de distribución de la habitación donde se realiza todo este proceso manual:

- El estante de almacenamiento es muy grande, observar si se necesita tanto espacio. Se sugiere que su nueva ubicación sea en donde se encuentran los estantes uno y dos, porque el lado izquierdo se considera más fresco y se necesitaba colocar los estantes uno y dos allá.
- Se propone que se mueva el ventilador uno (ver figura 4) y que se añada un segundo ventilador. El ángulo del ventilador no debe ser el actual, ya que con este ángulo solamente se refrescan las bandejas colocadas arriba del estante. El nuevo ángulo debe ser más obtuso de acuerdo con el soporte del techo. Además, si se puede colocar un ventilador de forma que gire, sería mejor.
- Para los estantes uno y dos se recomienda que se muevan al lugar donde se encuentra la mesa, porque hay más distancia de las estufas, y que se muevan con sus respectivos ventiladores.
- La mesa de eliminación de merma se propone que se mueva a donde se encuentra el estante de almacenamiento.
- El estante con bandejas vacías se puede colocar al lado de la nueva ubicación de los estantes uno y dos. Pero se recomienda que se evalúe si se puede utilizar para colocar nuevas bandejas o quitarlo si es innecesario.



Figura 3. Distribución actual de la planta.

Recomendaciones en la modificación:

- La mesa debe evaluarse para observar si tiene objetos innecesarios que deben ser eliminados, si no es necesaria su presencia en el proceso, eliminarla. En el caso contrario se propone que su nueva ubicación sea vertical al lavamanos, debido a que donde está ubicada estorba al operario.

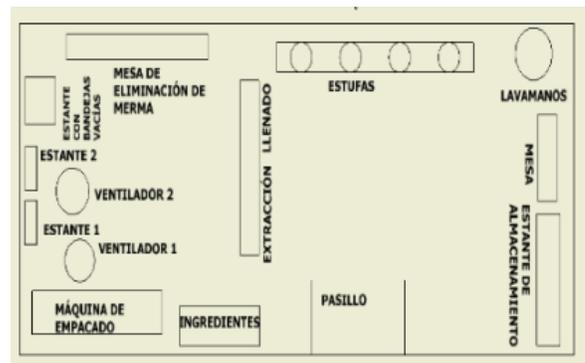


Figura 4. Distribución propuesta de la planta.

3.3 Datos recolectados después de las mejoras

Después de haberse implementado las mejoras uno y cinco; se recolectaron nuevos datos para demostrar si había una disminución en el tiempo de enfriamiento y de igual forma si se había conseguido el control del proceso. En la tabla 2 se presentan los nuevos datos obtenidos. Con estos datos se realizan los gráficos de control estadístico que se muestran en las figuras 5 y 6.

Tabla 2. Datos recolectados del tiempo de enfriamiento de las bandejas de achiote condimentado en minutos

SG.	Bandejas						
	1	2	3	4	5	6	7
1	81	81	83	90	90	96	96
2	68	83	76	83	77	83	84
3	84	78	77	81	83	96	99
4	81	81	83	84	87	90	94
5	68	70	73	75	76	74	84

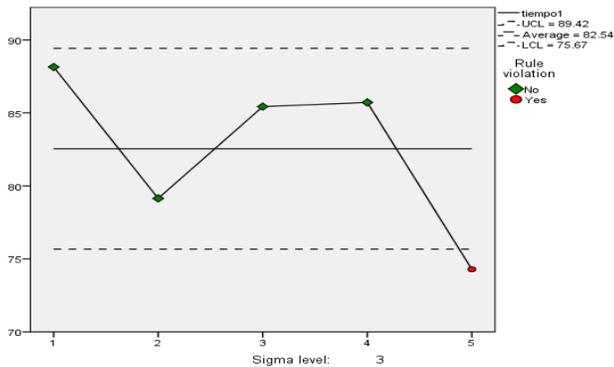


Figura 5. Promedio del tiempo de enfriamiento.

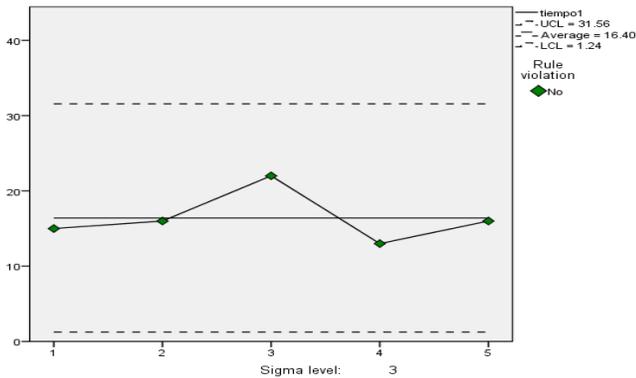


Figura 6. Rango del tiempo de enfriamiento.

Al calcular nuevamente la capacidad del proceso se obtiene:

$$C_{pk} = \frac{ES - \bar{x}}{3S} = \frac{100 - 82.54}{3(7.9014)} = 0.736 \quad (2)$$

Según el valor del índice de 0.736 calculado y redondeando el valor a 0.7, utilizando la tabla 9.2 [5] en la sección con referencia a una sola especificación se obtuvo que el proceso posee un porcentaje fuera de una especificación de 1.7864, que sería el porcentaje que está fuera de la especificación superior.

Para aumentar la capacidad del proceso, se debe disminuir la desviación estándar de los datos, y en este caso ir disminuyendo el promedio del tiempo de enfriamiento.

Realizando el gráfico 1 donde se puede comparar en una gráfica de promedio de tiempo de enfriamiento de las bandejas de achiote, todos los datos obtenidos manteniendo los límites del gráfico antes de las mejoras, se observa una disminución notable en el tiempo de enfriamiento cuando se aplican las mejoras que son los últimos cinco datos obtenidos.

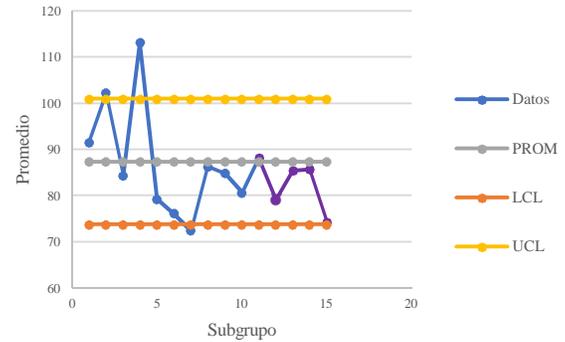


Gráfico 1. Promedio de tiempo de enfriamiento de las bandejas de achiote.

4. Análisis

Con las dos propuestas implementadas se observa una mejora notable en el tiempo de enfriamiento, y se consigue la disminución de este tiempo, logrando a su vez que el proceso estuviese en control con un punto fuera del límite inferior, pero este punto es una causa asignable positiva que merece ser investigada para conocer lo que ocurrió. Además, se aumenta la capacidad, casi se duplicó la capacidad del proceso, pero es necesario seguir implementando otras mejoras para lograr que el proceso esté en capacidad.

De esta manera, las propuestas de la cantidad de merma vertida en las pailas y la disminución en la temperatura al verter en las bandejas dieron como resultado un mejor proceso en general; el tiempo de enfriamiento disminuyó lo que hace que el proceso tome menos tiempo, de tal manera que se pueda obtener un aumento en la productividad del proceso.

La investigación sirvió de base para demostrar que al aplicar las métricas de Seis Sigma en un proceso real se consigue mejorar los índices de capacidad, así como el índice Seis Sigma del proceso, y que si se implementan más mejoras se logrará una notable disminución del tiempo de enfriamiento, lo que daría como resultado una mejor fabricación del achiote condimentado lo que a su vez, produciría mayores ganancias a la empresa.

5. Conclusiones y recomendaciones

- Con solo implementar dos de las mejoras propuestas se observó que hubo cambios en el tiempo de enfriamiento, el cual disminuyó.
- Se estudió el proceso por medio de *control charts*, el cual permitió controlar ciertas mediciones que estuvieron por encima de sus respectivos límites. Al no contar con mucho tiempo no se pudo obtener muchos datos y llevar a cabo los *control charts* por un periodo de tiempo más prolongado.
- La posición de cómo se colocaron las bandejas influyó, y el que el ventilador estuviera más cerca también, ambas favorables para el tiempo de enfriamiento.
- Implementando las dos mejoras se observó que la capacidad aumentó debido a que se notó cambios en el

tiempo de enfriamiento, así como también, se aumentó la productividad del proceso gracias a la disminución del tiempo de enfriamiento de proceso.

- Se recomienda implementar más mejoras para poder obtener un tiempo de enfriamiento menor al que se obtuvo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza, salud y sabiduría, durante el tiempo de aplicación y finalización del proyecto.

A la señora Romelia Marín y a su hija la Ingeniera Keiko Onodera, por abrirnos las puertas de su prestigiosa empresa, a la Lcda. Lourdes Batista y al Ing. Cristóbal Sierra y a todo el equipo de colaboradores, encargados del proceso de producción del achiote condimentado, por su cooperación y disponibilidad durante todo el proceso.

REFERENCIAS

- [1] R. A. y. A. SATURNO, «Alternativa para los productores de achiote, máquina desgranadora manual.,» *Revista UTP*, vol. I, n° 1, p. 46, 2002.
- [2] V. autores, «Milenio,» Grupo Milenio, 27 Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://www.milenio.com/opinion/vari- os-autores/universidad-politecnica-de-tulancingo/control- estadistico-de-la-calidad>. [Último acceso: 14 Junio 2018]
- [3] R. S. R. y. B. W. T. III, *Operations Management, Quality and Competitiveness in a Global Environment*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [4] H. G. P. y. R. d. I. V. Salazar, *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*, México: McGraw Hill, 2013.
- [5] H. G. Pulido, «Índices de capacidad de procesos,» de *Calidad total y productividad*, México, McGraw Hill, 2010, p. 168.

Neurociencia y mercadeo: influencia del color en la predisposición de compra en usuarios de redes sociales

Neuroscience and marketing: influence of color in the predisposition to buy in users of social networks

Isabella Membreño^{1*}, Brigitte Rodríguez¹, Loreli González¹, Ericka Castillero¹, Ricardo Cattafi²

¹Licenciatura en Ingeniería Industrial, ²Facultad de Ingeniería y Tecnología, Universidad Santa María la Antigua

Resumen En este trabajo se evalúa la predisposición de compra de productos genéricos y de marcas reconocidas con respecto al color predominante, utilizados en anuncios publicados en redes sociales. El análisis se realizó sobre una muestra de setenta y un individuos, segmentados como usuarios de redes sociales con edades entre 18 y 25 años. Se consideraron los colores primarios del espectro cromático visible (rojo, amarillo y azul) según el modelo tradicional de coloración. Este estudio está enmarcado en el ámbito de la neuromercadotecnia considerada como la aplicación de las técnicas de la neurociencia al mercadeo de productos y servicios. La metodología empleada está basada en la recopilación de información documental, aplicación de instrumentos de recolección de datos muestrales y entrevistas a especialistas en psicología y neuromercadotecnia. Los resultados muestran que el uso de los colores primarios como colores predominantes en los anuncios publicados en redes sociales podría ser un factor para la predisposición de compra de los productos anunciados.

Palabras clave Neuromercadotecnia, publicidad, red social, color.

Abstract In this work, the predisposition to purchase generic products and recognized brands is evaluated with respect to the predominant color used in advertisements published on social networks. The analysis was performed on a sample of seventy-one individuals, segmented as users of social networks between the ages of 18 and 25. The primary colors of the visible color spectrum (red, yellow and blue) were considered according to the traditional color model. This study is framed in the field of neuromarketing, considered as the application of neuroscience techniques to the marketing of products and services. The methodology used is based on the collection of documentary information, application of instruments for the collection of sample data and interviews with specialists in psychology and neuromarketing. The results show that the use of primary colors as predominant colors in the ads published on social networks could be a factor in the willingness to buy the advertised products.

Keywords Neuromarketing, advertising, social network, color.

* Corresponding author: isabellam12@hotmail.com

1. Introducción

La neuromercadotecnia -o neuromarketing- es la aplicación de las técnicas de la neurociencia al mercadeo de productos y servicios. Desde esa perspectiva, la neurociencia estudia las emociones del consumidor a partir de sus hábitos de consumo y la reacción que tiene ante los distintos estímulos que brinda la publicidad. Su objetivo es conocer y comprender los niveles de atención, emoción y memoria que muestran las personas a diferentes estímulos generados por los productos -o sus empaques- y aplicarlos a incentivar su predisposición de compra. La neuromercadotecnia trata de explicar el comportamiento de las personas desde la base de su actividad neuronal.

Muchas de las decisiones de los consumidores se centran en sensaciones netamente subjetivas y estas, a su vez, se

encuentran ligadas con los estímulos sensoriales que se activan en el momento de consumo [1]. Los estímulos percibidos por un potencial comprador pueden inducir su comportamiento de compra [2]. Esos estímulos pueden generarse a través de diferentes características del producto como el color, el olor, el tamaño, la forma, la textura, entre otras. No obstante, de todos los anteriores, el color es una de las principales características que podrían generar estímulos en anuncios publicitarios publicados en redes sociales debido a que el consumo de contenido digital en dichas redes es primordialmente visual [3].

De hecho, y fundamentado en la neuropsicología, el estímulo con menor recorrido es el visual, ya que su vía de entrada es directa hacia el lóbulo occipital; siendo este el lóbulo encargado de procesar las imágenes. Solís [4] afirma que los estímulos visuales -como es el caso de los colores- de un producto se conectan con las emociones del individuo,

llegando a cambiar la percepción de dicho producto.

Adicionalmente, algunas características de un potencial comprador como la edad, su procedencia cultural, su género, entre otras, pueden condicionar su predisposición de compra [5]. En este trabajo solo se consideraron individuos de edades comprendidas entre 18 y 25 años debido a que es segmento etario de interés y no se consideró el resto de las características como condicionantes del estudio.

El objetivo de este trabajo es valorar si el uso de determinados colores del espectro cromático visible, específicamente los colores primarios (rojo, amarillo y azul) usados en anuncios publicitarios en redes sociales, afecta positivamente la predisposición de compra de un producto en una población de individuos de entre 18 y 25 años.

Este trabajo se justifica ya que por cuanto, hasta donde fue posible obtener información fiable, no se evidencian estudios en la ciudad de Panamá que muestren cómo varía la predisposición de compra de los usuarios de redes sociales dependiendo del color predominante en los anuncios publicitarios. Los resultados de este estudio podrían ser útiles para agencias publicitarias o empresas que deseen reducir los riesgos de ineficacia en una campaña publicitaria de determinado producto debido a errores en el diseño en los colores del producto o empaque.

La metodología empleada está basada en la recopilación de información documental, la aplicación de instrumentos de recolección de datos muestrales y entrevistas con especialistas en psicología y neuromercadotecnia. El instrumento de recolección de datos es de tipo encuesta cerrada en línea, aplicado a una muestra de individuos seleccionados al azar que fueron consultados acerca del motivo de su elección, considerando el color predominante en la imagen, para un grupo de imágenes de productos genéricos y de marcas reconocidas en el mercado y que tienen presencia publicitaria en redes sociales. Los resultados se segmentaron por edades, frecuencia de uso de las redes sociales, tipo de red social utilizada, género y nivel académico.

Actualmente, las agencias de publicidad y las empresas en general cuentan con herramientas que les permiten conocer, incluso en tiempo real, el comportamiento de las ventas de determinado producto y realizar seguimiento de los hábitos de compras de sus clientes, cada vez que estos escogen visualizar o comprar un producto en una red social. No obstante, resulta también importante saber cuál es la razón de los hábitos de los consumidores. Por ejemplo, es importante conocer si un consumidor compró determinado producto porque hubo una predisposición de compra debido al color mostrado en el producto o en empaque en un anuncio publicitario. La aplicación de técnicas de mercadotecnia permite conocer en cierto grado ese tipo de información a priori.

Según Solis [6] y Rosales [7], especialistas en psicología y neuromercadotecnia respectivamente, la neuromercadotecnia se ha potenciado con la llegada de las redes sociales. La neuromercadotecnia brinda grandes beneficios a los empresarios que tratan de promover la imagen de sus

productos. De hecho, se espera un crecimiento del 18% a nivel mundial hasta el 2021 con una inversión en tecnologías relacionadas de 50.3 millones de dólares. Solo en Latinoamérica el crecimiento esperado será de 24.6 millones de dólares [8].

1.1 Influencia del color en la conducta humana

Los colores tienen influencia en la conducta humana, según los investigadores de la psicología del color. Esta afirmación deriva de los estudios de Goethe [9] en la que afirma que el color de los objetos no es una característica que depende solamente de la onda de luz reflejada por el objeto [10], sino que existe una percepción subjetiva de las distintas frecuencias de las ondas de luz.

La definición del color desde una perspectiva psicológica se refiere a un estado de conciencia del ser humano, donde al observarse un color se retransmite un impulso a los órganos visuales que provocan alteraciones químicas y reacciones en el individuo. A su vez, estas reacciones producen impulsos nerviosos al cerebro que lo impresionan de alguna forma [11].

De hecho, para Solis [6] "...las emociones juegan un papel muy importante en nuestras vidas, y justo ahí es que está "el juego" del marketing... donde se conecta un recuerdo con el significado de algún color, o alguna forma".

El color ha contribuido a expresar palabras con significados visuales. En [4] se argumenta que cualquier medio publicitario se basa en el color para transmitir el mensaje. La elección del color depende de los factores psicológicos con fines de generar impacto.

Es así que se definen características determinadas para los colores más usuales en la publicidad. Por ejemplo: rojo, es el más utilizado en los anuncios publicitarios, ya que representa el poder de atracción. Por otra parte, el azul transmite calma, confianza y relaja; el verde transmite la naturaleza y valores ecológicos; el color amarillo es llamativo y brillante, transmite felicidad y mucha luz; el naranja se considera energético y motiva a la juventud e innovación; el morado se considera como de misterio, realeza, femenino y elegante; por último el color rosa es un color brillante, alegre y vivo.

Actualmente, la gama de colores utilizada se deriva de tres modelos: el modelo *RYB* (*red, yellow, blue* o en español: rojo, amarillo y azul) también llamado modelo tradicional, el modelo *CMYK* (*cian, magenta, yellow, key* o en español: azul cian, rojo magenta, amarillo y negro) y el modelo *RGB* (*red, green, blue* o en español: rojo, verde y azul). La gama del modelo tradicional se utiliza comúnmente en dibujo, pintura y artes gráficas, mientras la gama *CMYK* se utiliza en impresiones debido a que la mezcla de los colores cian, magenta y amarillo reproducen el color negro sobre fondo blanco lo cual permite crear combinaciones prácticas para los equipos de impresión. El modelo *RGB* se utiliza en pantallas de computadora debido a que su mezcla produce píxeles de color blanco puro. Con este modelo se asigna a cada píxel de la pantalla una terna de colores valorados entre cero y 255 donde la terna (255,255,255) equivale al blanco puro y la terna

(0,0,0) al color negro puro. A pesar de que el modelo RGB es considerado para el diseño de interfaces gráficas en aplicaciones de *software* como las de las redes sociales, en este trabajo se utiliza el modelo tradicional debido a que es el que se utiliza como referencia en la psicología del color [12].

1.2 Redes sociales y mercadeo

Las redes sociales han adquirido actualmente un lugar predominante en las campañas publicitarias [13]. Desde el punto de vista de las agencias publicitarias y de las empresas demandantes de campañas publicitarias, la disminución de los costos de publicación, la posibilidad de segmentación de mercados, la facilidad de ajustes al diseño, la alta penetración del mercado, el seguimiento en tiempo real y la calidad de las impresiones en pantalla son algunas de las razones de este fenómeno.

Por otra parte, desde el punto de vista del usuario, el acceso a dispositivos móviles cada vez más económicos y de mayores prestaciones, aunado a sus capacidades multimediales ha hecho que las redes sociales tomen un papel preponderante en la mercadotecnia propiciando la expectativa de que su uso aumente progresivamente en un futuro inmediato. Se estima un crecimiento del 72% entre 2016 y 2019 en inversión publicitaria para redes sociales pasando de 29.000 millones de dólares a 50.000 millones de dólares [14].

El diseño gráfico de la imagen publicitaria, incluyendo la forma, el color, el contraste, los escenarios, entre otros, puede influir en la predisposición del usuario para adquirir un producto. Otro aspecto es la red social específica donde se publicite el producto, ya que existe predilección por algunas redes sociales dependiendo de la cultura, zona geográfica, edad del usuario, entre otros. Algunas de las redes sociales más relevantes para campañas publicitarias son *facebook*, *instagram* y *youtube*, por lo que tendrán relevancia en esta investigación. Según [15] un 42% de la población mundial usa redes sociales actualmente, dándole preponderancia a *facebook*, *youtube* y *whatsapp*. Por su parte, *instagram* se encuentra en séptimo lugar de preferencia a nivel mundial.

En Panamá, hay un franco crecimiento de las redes sociales, dándole preponderancia a *facebook* (81%), *youtube* (55%) e *instagram* (53%) [16]. Además, Panamá es el país de la región con mayor número de usuarios de la red *instagram* con respecto al promedio de usuarios en el resto de la región (23%).

1.3 El problema

Dada la importancia de la neuromercadotecnia y el auge en la publicidad en redes sociales es importante para los publicistas y empresarios conocer las características de esta estrategia de ventas. Un problema a considerar es el retorno de la inversión de dinero en empaques y presentación de los productos que permitan aumentar las ventas; especialmente saber cuáles colores deben utilizarse para que los potenciales compradores se interesen en el producto. En este contexto en este trabajo se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿existe relación entre los colores utilizados en el diseño de productos y la predisposición de compra de los usuarios de las redes sociales donde se publicitan dichos productos y que tengan entre 18 y 25 años?

1.4 Objetivo

El objetivo del trabajo es realizar un análisis descriptivo sobre los resultados de un instrumento de recolección de datos tipo encuesta, para determinar si existe relación entre los colores de productos publicitados en redes sociales y la predisposición de compra de los usuarios de dichas redes en el contexto de problema planteado.

2. Metodología

Se realizó una investigación con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), descriptiva y explicativa; para obtener información actualizada y pertinente que defina y describa el uso de los colores primarios (rojo, amarillo, azul) utilizados en anuncios publicitarios en redes sociales, que han sido diseñados mediante la técnica de neuromarketing. Se pretende definir si la escala de colores utilizados afecta la predisposición de compra de un producto en individuos de entre 18 a 25 años.

Para tal efecto, se utilizó como instrumento de recolección la encuesta, que se aplicó a un total de 71 jóvenes de edades entre 18 a 25 años, que utilizan redes sociales. La finalidad de las encuestas es determinar la cantidad de jóvenes que frecuentan las redes sociales, clasificándolos según su género y rango de edad. Además, identificar qué redes sociales utilizan más y su tiempo de exposición a los anuncios publicitarios de estas. Se determinaron los elementos que les llaman más la atención a los jóvenes de los anuncios publicitarios en las redes sociales, los colores que más se observan en estos, la credibilidad que los jóvenes le dan a estos anuncios publicitarios y sobre todo su influencia en la predisposición de compra de un producto.

Se realizaron preguntas a expertos en el tema. Primero, al profesor en la Universidad Santa María La Antigua (USMA) y especialista en neuropsicología: Abdel Solís y al Ing. Carlos Rosales, profesional en ventas enfocados en el neuromercadeo.

2.1 Hipótesis

Se propuso la siguiente hipótesis H0: El uso de los colores primarios (rojo, amarillo, azul) utilizados en anuncios publicitarios en redes sociales diseñados mediante la técnica de neuromarketing no afectan la predisposición de compra de un producto en individuos de entre 18 a 25 años.

2.2 Ecuaciones

Para esta prueba de hipótesis se utiliza la prueba de hipótesis de una proporción:

$$Z_{prueba} = \frac{\frac{x}{n} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1 - p_0)}{n}}} \quad (1)$$

$$p = \frac{x}{n}$$

3. Resultados

A continuación, se muestra un análisis descriptivo de los resultados obtenidos de la encuesta.

3.1 Análisis descriptivo

Tal como se aprecia en la figura 1, la red social más utilizada por jóvenes entre 18 a 25 años es el *instagram*, con un 91.4%; seguido por *youtube*, con un 21.4% y *facebook* con el 14.3%. Además, como se muestra en la figura 2, el 69% de los encuestados consideró que el *instagram* es la red social en la cual se encuentra más publicidad, por lo tanto, los jóvenes tienen una gran exposición a los anuncios publicitarios de esta red social.

¿Qué red social utiliza con mayor frecuencia?

70 respuestas

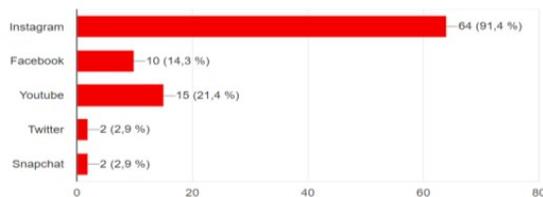


Figura 1. Frecuencia del uso de algunas redes sociales.

¿En que red social encuentra más publicidad?

71 respuestas



Figura 2. Redes sociales en las que se encuentra más publicidad.

En la figura 3, puede observar que el 26.2% eligieron el número seis, en la escala del uno al diez, lo que significa que un gran porcentaje considera que la publicidad influye en la percepción de un producto, seguido por un 24.6%, que eligieron el número siete, y que le dan un lugar más preponderante a la publicidad como determinante en la percepción de un producto.

Del 1 al 10, (10 siendo que influye demasiado y 1 siendo que no influye nada), ¿Qué tanto influyen los anuncios en su opinión personal de un producto?

61 respuestas

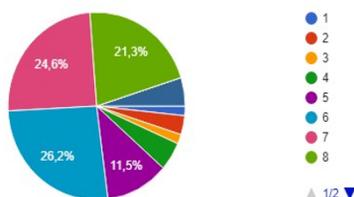


Figura 3. Escala de la influencia de anuncios publicitarios en la percepción de un producto.

Como se observa en la figura 4, la mayoría de los encuestados respondió que a veces adquieren productos que no necesitaban comprar, con un 43.7%; seguido por regularmente con un 22.5%, el 16.9% expresó que nunca y el 9.9% respondió que casi siempre.

¿Considera que por publicidad adquiere productos que no tenía necesidad de comprar?

71 respuestas

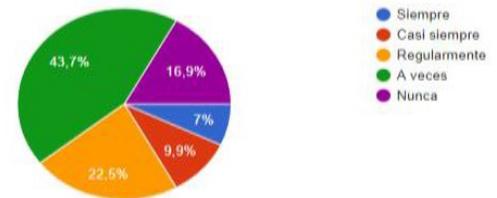


Figura 4. Frecuencia de adquisición de productos innecesarios, por la influencia de la publicidad.

Al haber determinado que redes sociales utilizan los encuestados, y que tanto influían percepción de estos acerca de la publicidad en las redes; se prosiguió preguntando acerca de los aspectos que les llamaba la atención a los encuestados sobre estos anuncios publicitarios. En la figura 5, un 54.9% de los encuestados determinó que el contenido es lo que más se destaca en un anuncio publicitario, seguido por el color con un 28.2%, demostrando que ambos aspectos son aquellos en los cuales los jóvenes se enfocan más; dejando a los siguientes aspectos a un lado: el logo, formas, mensajes y personajes.

¿Qué se destaca en los anuncios publicitarios en la redes sociales?

71 respuestas

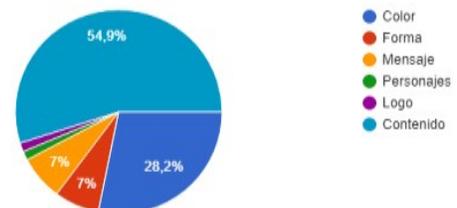


Figura 5 Aspectos que se destacan en los anuncios publicitarios.

Al preguntar cuáles colores son más observados en los anuncios publicitarios, un 84.5% de los encuestados respondió que los colores primarios (rojo, azul, amarillo) los más observados, seguido por los colores secundarios (anaranjado, chocolate, morado, etc.), con un 8.5%; los colores neutros (negro y blanco) con un 7%.

Como se aprecia en la figura 6, se mostraron termos de diversos colores y se dio a escoger cuál les llamó más la atención a los encuestados. Se observa que, en la muestra presentada a los encuestados, el color que más les llamó la atención fue el color primario rojo con un 19.7%, seguido por el color secundario morado con un 16.9%; quedando en el mismo lugar, el color primario azul y el color neutro blanco

con un 11.3%. En los tres primeros puestos de los más elegidos, dos de estos puestos los ocupan los colores primarios.



Figura 6. Colores más observados en los anuncios publicitarios.

¿Cuál de los siguientes termos te llama más la atención?



Figura 7. Termos de colores primarios, secundarios y neutros.

¿Cuál de los siguientes termos te llama más la atención?

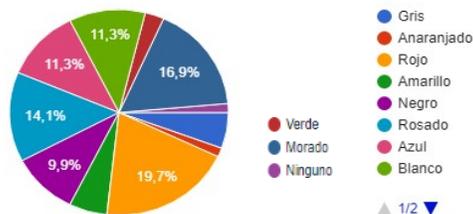


Figura 8. Gráfico de los colores de los termos que más llamaron la atención.

Como se muestra en la figura 9, se observaron ocho imágenes de diversos colores, marcas y formas. Cada imagen tiene colores más llamativos que otros, en algunos se observan más los colores primarios, los secundarios o los neutros.

De los siguientes anuncios publicitarios, ¿Cuál le llama más la atención?

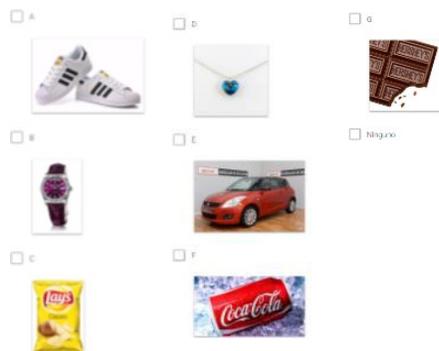


Figura 9. Muestra de productos de diferentes colores.

Al observar la figura 10, se puede apreciar que el 32.9% de los encuestados eligió la lata de Coca-cola (cuya imagen sobresale el color primario rojo), seguido por el paquete de Lays (cuya imagen sobresale el color primario amarillo) con un 22.9%, seguido por el collar (cuya imagen sobresale el color primario azul). Dando a relucir que los productos más escogidos contenían colores primarios.

¿Cuáles son los colores que más se observan en los anuncios publicitarios de las redes sociales?



Figura 10. Anuncios publicitarios escogidos.

Se aprecia en la figura 10, que la mayoría de los encuestados (33.8%) basó su escogencia en el color del producto, 25.4% en la marca del producto, 22.5% en la calidad del producto y un 18.3% eligieron ninguna de las anteriores.

¿Qué motivo lo llevó a escoger la respuesta anterior?

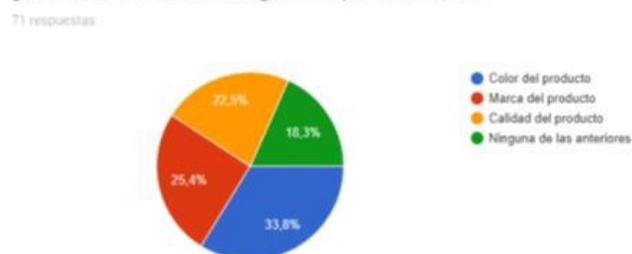


Figura 11. Motivos por los cuales los encuestados eligieron la respuesta de la figura 9.

Se puede apreciar en la tabla 1 que los resultados del total de colores primarios escogidos de la muestra de productos de diferentes colores y los colores primarios siendo los colores que más llaman la atención de los anuncios publicitarios de las redes sociales en jóvenes de 18 a 25 años, obtuvieron resultados mayores a 0.25, por lo que la hipótesis nula queda rechazada y se acepta la Hi.

Tabla 1. Resultados de la prueba de hipótesis de una proporción

VARIABLES	Resultado	Conclusión
Colores primarios (Colores que más llaman la atención al observar un anuncio publicitario)	1.53 > 0.25	Se rechaza la hipótesis nula
Total de colores primarios escogidos de la muestra de productos de diferentes colores	0.74 > 0.25	

Se observan que los colores que más se utilizan en los anuncios publicitarios de las redes sociales son los primarios porque captan más la atención a los consumidores.

4. Conclusiones

Se comprobó que la hipótesis nula fue rechazada, ya que, mediante la información recopilada de los encuestados, las entrevistas realizadas a los expertos y el uso de la ecuación de estudio de hipótesis de una sola proporción; se logró determinar que los colores primarios de los anuncios publicitarios sí influyen la predisposición de compra de jóvenes entre 18 a 25 años.

Este trabajo permite evidencia que los colores en las redes sociales afectan la predisposición de compra o incluso la percepción que se tenga de un producto. Comparando estos resultados con la opinión de los expertos entrevistados se puede considerar que es debido a los estímulos que producen y que posiblemente crean conexiones entre emociones y recuerdos.

Se considera que la investigación realizada tiene un alto grado de relevancia. Permite conocer más sobre el ambiente del mercadeo y de cómo influyen las redes sociales en conjunto con los anuncios publicitarios en la venta de productos.

La Neuromercadotecnia busca registrar y evaluar los niveles de emoción, atención y memoria que presentan los consumidores ante los estímulos publicitarios; este proceso ayuda a tomar las mejores decisiones para la promoción de un producto. Es importante realizar el estudio del consumidor, para conocer los diversos comportamientos que tiene ante distintas circunstancias y que se pueda establecer las estrategias convenientes como por ejemplo los colores adecuados en el diseño de las publicidades de un producto.

También, según los resultados, se puede concluir que:

- La red social más utilizada y con mayor publicidad es *instagram*. En esta red social la publicidad influye muchísimo en la percepción de cada producto. El dato clave es que la gran mayoría de las personas están entre 18 y 20 años, y esta red social tiene constantes actualizaciones, lo que produce llamar aún más la atención del usuario.
- La gran mayoría de las personas compran productos sin necesitarlos. Lo que más influye en esto es el contenido y los colores de los anuncios publicitarios. Detrás de cada anuncio hay muchas estrategias utilizadas para capturar la atención de los compradores.
- Se observa que la mayoría de las personas realizan la compra de productos principalmente por el color de este. Justo esto es lo que le garantiza a cada una de las empresas que van a obtener compras de cada uno de los productos vistos en las redes sociales. Entre más llamativo sea el anuncio más interés causará en sus consumidores.
- La mejor aplicación de la neuromercadotecnia es la predicción de la conducta del consumidor, que es el mayor desafío que enfrenta el marketing. La recomendación sería

pensar muy bien antes de realizar la compra de un producto, ya que siempre las empresas buscarán atraer utilizando nuevas técnicas que les garantice una mayor cantidad de consumidores.

REFERENCIAS

- [1] Malfitano, O. (2007). Neuromarketing: cerebrando negocios y servicios. Buenos Aires, Argentina: Granica (p. 328).
- [2] Tamblay, M. E. (2011). Viaje al centro de la mente del consumidor. *Nuestro Tiempo*, (670) (pp. 32-39).
- [3] Jassir Ufre, Erick. Neuroimágenes en la investigación de mercados. *Pensamiento & Gestión*, Jun 2009, N° 26 Páginas 73 – 93.
- [4] Fraser, T. y Banks, A. (2005). *Color: La guía más completa*. Madrid, España: Evergreen (p. 224).
- [5] Guanipa, J. (2007). *Discurso Publicitario de las vallas de Licor. Enfoque Semi lingüístico*. Tesis de maestría. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- [6] <https://neuromarketing.la/2017/04/futuro-la-investigacion-neuromarketing-esta-telefono-movil/>
- [7] Goethe, 1810, *Theory of Colours*.
- [8] Newton, 1704, *Óptica: o un tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*
- [9] Malfitano, 2007, p. 136.
- [10] <https://marketing4ecommerce.net/cuales-redes-sociales-mas-usuarios-mundo-2018/>
- [11] <https://tendenciasdigitales.com/penetracion-habitos-y-medios-sociales-en-panama/>
- [12] <http://controlpublicidad.com/la-publicidad-en-redes-crea-un-20-al-ano/>
- [13] <https://marketing4ecommerce.net/cuales-redes-sociales-mas-usuarios-mundo-2018/>
- [14] [15] <https://tendenciasdigitales.com/penetracion-habitos-y-medios-sociales-en-panama/>

Evaluación del ahorro de agua potable que se podrían percibir en los viveros al implementar un sistema de captación de agua de lluvia en la ciudad de Panamá

Evaluation of the saving of drinking water that could be perceived in the nurseries when implementing a rainwater harvesting system in Panama City

María Arévalo¹, Osvaldo Martínez¹, Andrea Rosales¹, Maribel Pérez, Nicole Barria^{1*}

¹ Licenciatura en Ingeniería Industrial, Campus Victor Levi Sasso, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen La escasez de agua es una problemática en incremento, que no podemos pasar por alto, porque afecta de manera negativa el desarrollo social de la población a nivel mundial. Una de las alternativas para enfrentar la falta de agua es la utilización eficiente del agua de lluvia. El objetivo principal de esta investigación fue estudiar la factibilidad del uso de un sistema de captación de agua de lluvia y cómo podría ahorrar en gran escala la cantidad de agua potable que se consume en los viveros en temporada seca en la ciudad de Panamá. Mediante la aplicación de un instrumento de recolección de datos a los encargados de los viveros estudiados (Jardines Del Bonsái S.A. y Arboretum Genera Palmarum LTD S.A.) se obtuvieron las mediciones correspondientes al consumo de agua potable en los meses de enero, febrero y marzo, con la finalidad de compararlos con el nivel de precipitaciones promedio de Panamá para esos mismos meses. Mediante los datos proporcionados por la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) se observó que los tres primeros meses del año, son los meses con menos cantidad de precipitaciones, por ende, la demanda del agua potable para el riego de plantas aumenta. Se propuso un sistema que consiste en la instalación de canales en los tejados del vivero para la recolección de agua lluvia en los últimos meses del año que son los más lluviosos. Con la implementación de este sistema se podría ahorrar más de un 2.98% del uso de agua potable en viveros durante el verano.

Palabras clave Viveros, almacenamiento, precipitaciones pluviales, captación, recolección.

Abstract Water scarcity is a growing problem, which we cannot ignore, because it negatively affects the social development of the population worldwide. One of the alternatives to face the lack of water is the efficient use of rainwater. The main objective of this research was to study the feasibility of using a rainwater harvesting system and how it could save on a large scale the amount of drinking water consumed in dry season nurseries in Panama City. By applying a data collection instrument to the managers of the nurseries studied (Jardines Del Bonsái SA and Arboretum Genera Palmarum LTD SA), the measurements corresponding to the consumption of drinking water in the months of January, February and March were obtained, with the purpose of comparing them with the average level of rainfall in Panama for those same months. Using the data provided by the Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA), it was observed that the first three months of the year are the months with the least amount of rainfall, therefore, the demand for drinking water for plant irrigation increases. A system was proposed that consists of the installation of channels on the roofs of the nursery to collect rainwater in the last months of the year, which are the rainiest. With the implementation of this system, more than 2.98% could be saved from the use of drinking water in nurseries during the summer.

Keywords Nurseries, storage, rainwater, catchment, harvest, rainfall.

*Corresponding author: nicole.barria@utp.ac.pa

1. Introducción

La ciudad de Panamá cuenta con abundantes lluvias, de intensidad moderada a fuerte [1]. La temporada de lluvias empieza en el mes de abril y se extiende hasta diciembre, siendo los meses (septiembre, octubre y noviembre) más lluviosos. Partiendo de esta premisa, nace la idea de querer aprovechar este recurso natural, para en este caso en especial utilizarlo en beneficio del enriquecimiento y desarrollo de las

plantas en temporadas secas dentro de los viveros. Este estudio ha sido apoyado con otras investigaciones que se han hecho con anterioridad a nivel mundial como lo son “La propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia en María Auxiliadora en Antioquia Colombia” [2], “Captación de agua de lluvia para agricultura familiar en Tlaxcala México” [3] y “Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia

Universidad Javeriana” [4]. Se comparte de esta manera un propósito en común, el cual es darle el valor que amerita a nuestra fuente vital. Tomando en cuenta los datos recolectados se presenta un análisis en donde se trata de comprobar el objetivo de este estudio, basado en como un sistema de agua lluvia podría ahorrar a gran escala el agua potable que se utiliza para el riego de plantas en un vivero.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Conceptos generales de un vivero

La palabra vivero proviene de latín *vivarium* (área generalmente cerrada, para guardar y criar plantas para observación) [1]. Un vivero es una estructura agrícola destinada a la producción de plantas, que pueden ser forestales, frutales u ornamentales. El mismo permite prever y controlar los efectos de los depredadores y patologías que dañan a las plántulas en su fase de mayor vulnerabilidad. Gracias a que se les suministran los cuidados necesarios y las condiciones adecuadas para obtener un buen desarrollo, las plantas tienen mayores oportunidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo [5]. En este caso, el estudio fue enfocado en aquellos que comercializan plantas ornamentales.

2.1.1 Tamaño del vivero

El tamaño se define en función a la cantidad y el tipo de plantas que se producirán (por ejemplo: si la mayoría son frutales, requieren más tiempo y espacio para su desarrollo) [6].

2.1.2 Uso del agua en un vivero

El agua es el recurso más valioso para el funcionamiento del vivero, debido a que se requiere durante todas las etapas de producción. El vivero debe ubicarse cerca de una fuente de agua segura, como ríos, arroyos y quebradas. En lo posible, el vivero debe tener su propia fuente de agua. Debe evitarse el uso de agua potable para el consumo de la producción, como prevención a futuros conflictos y problemas en el desarrollo de las plantas [6].

2.2 Funcionamiento general de un vivero

El funcionamiento del vivero es mantener a las plantas en excelentes condiciones para un buen desarrollo; para que al momento que salgan del vivero tengan la suficiente energía y vigor para sobrevivir; es decir, tallo recto, raíces fuertes, hojas enteras y ser una planta sana [6].

2.2.1 Área de captación

Para la captación de agua lluvia se utilizan superficies como los techos de las casas y almacenes. También superficies hondas que deben estar impermeabilizadas. Otra forma de captación de agua lluvia puede ser en lagos artificiales [6].

2.2.2 Sistema de conducción

Es el conjunto de canales o tuberías abiertas o cerradas destinadas al transporte del agua de lluvia hasta el sistema de almacenamiento. El material tiene que ser liviano, fuerte, fácil de unir, evitando que el agua se contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos [6].

2.2.3 Tanques de almacenamiento

Son estructuras modulares de diferentes materiales en donde se guarda o preserva el agua de lluvia captada. Por lo general los tanques son de forma cilíndrica y se pueden situar por encima o de manera subterránea. El tanque tiene que ser de material resistente, que evite la pérdida de agua y debe estar sellado para que no permita la entrada de polvo, insectos y contaminantes. La entrada y la salida de los tanques deben contar con mallas para la protección del agua y deben poseer dispositivos para el retiro de agua [7].

2.3 Factores considerados que afectan el sistema de captación de agua lluvia

2.3.1 Clima de Panamá

Panamá se encuentra ubicada en el hemisferio norte latitud: entre 7°11' Norte y 9°39' Norte, longitud: entre 77° 10' Oeste y 83° 03' Oeste; en la zona intertropical próxima al Ecuador terrestre. La región estudiada es la región del pacífico, caracterizada en la temporada lluviosa por abundantes lluvias, acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde. La temporada lluviosa en Panamá se inicia en el mes de mayo y finaliza en noviembre, siendo septiembre y octubre los meses más lluviosos; dentro de esta temporada se presenta regularmente un período seco, entre enero y mayo [8].

2.3.2 Sequía en Panamá

“Los maizales están dando unos rendimientos bajísimos que distan mucho de los que se necesitan para cubrir costes de producción”, así inicia la noticia del 28 de enero de 2016, del diario El Espectador [9]. El periodo de lluvia llegaba y las precipitaciones no caían, los agricultores y ganaderos no estaban preparados para una época de sequía tan pronunciada como las de pasado año.

El Niño es un fenómeno meteorológico que se presenta a nivel mundial, que muestra la variabilidad climática. Panamá no se escabulle de los efectos negativos que impactan en el sector agropecuario, en las actividades agrícolas y pecuarias. Por tal razón, se requiere estar preparados en las diferentes cadenas productivas [10], siendo este uno de los principales motores de esta investigación como una alternativa al regreso de dicho fenómeno.

3. Metodología

Presentaremos un modelo del diseño propuesto para la recolección de agua de lluvia que consiste en tres fases importantes. Ver figura 1.

El vivero debe ubicarse cerca de una fuente de agua segura, como ríos, arroyos y quebradas. En lo posible, el vivero debe tener su propia fuente de agua.

La metodología que se utilizó se basó en la selección de dos viveros de un total de 21 encontrados en la ciudad de Panamá: Vivero Jardines del Bonsái y Vivero Arboretum Genera Palmariun.



Figura 1. Funcionamiento del sistema de captación de agua lluvia.

Se procedió a visitar los viveros seleccionados, y revisar la página web de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA) que proporciona mensualmente los registros pluviales de Panamá, para luego colocar los datos en el formato de la tabla 1.

Se realizaron las conversiones de unidades correspondientes de metros cúbicos (m^3) a litros sobre metros cuadrados ($\frac{L}{m^2}$) y una relación de la cantidad de agua en litros con respecto a la superficie cuadrada utilizada en el vivero, como se muestra en la siguiente ecuación (1):

$$L/m^2 = \frac{\text{agua potable utiliza por mes (m}^3\text{)} \cdot 1000}{\text{superficie del terreno (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Se investigó acerca de los meses que menos llueve en la ciudad de Panamá y se determinó que son enero, febrero y marzo, por lo cual se calculó el promedio de la demanda de agua de los viveros para dichos meses, como se muestra en la tabla 2 en unidades de litros, utilizando para la conversión la fórmula que se presenta a continuación (2):

Fórmula utilizada para calcular la demanda del agua en litros.

$$DAV = (DA) \cdot (SV) \quad (2)$$

Donde:

DAV: Demanda de agua en verano (L)

DA: Demanda de agua en ($\frac{L}{m^2}$)

SV: Superficie promedio de ambos viveros (m^2)

Se registraron los promedios de precipitaciones de los últimos ocho años para los meses elegidos (septiembre, octubre, noviembre, diciembre). Estos datos se utilizaron para aproximar una cantidad de agua recolectada por el sistema para abastecer el vivero durante los meses de enero, febrero, marzo.

Teniendo las precipitaciones promedio de septiembre, octubre, noviembre y diciembre se tomó en cuenta un 80% de eficiencia, tomando en cuenta que el 20% del agua de lluvia puede ser perdida debido a salpicaduras, filtraciones entre otras cosas (UNATSABAR, 2004) [11], para un área aproximada de recolección de $40 m^2$ y se aproximó una cantidad de agua lluvia almacenada en esos meses (ver tabla 4).

Con los datos de la demanda en verano (enero, febrero y marzo) y la recolección de agua durante septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se procedió a calcular con el método de la tasa de variación, se utilizó la ecuación (3), es decir el porcentaje en agua ahorrado durante los meses de verano (enero, febrero, marzo).

$$\text{Tasa de variación \%} = \frac{DAV - AR}{DVA} \cdot 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ de agua potable} = 100 - \%$$

Donde:

%: porcentaje de agua potable utilizada

DAV: Demanda de agua en verano (L)

AR4: Agua recolectada en los últimos 4 meses del año (L)

4. Resultados

La tabla 1 muestra los datos recolectados con la aplicación del instrumento a los encargados de los viveros, al igual que el nivel de precipitaciones proporcionado por ETESA [12] estación meteorológica de Albrook.

Tabla 1. Datos de precipitaciones y cantidad de agua utilizada en el vivero obtenidos de ETESA

Meses	Precipitaciones (Estación de Albrook)	Vivero Jardines del Bonsái	Vivero Arboretum Genera Palmariun
	Precipitaciones por mes (L/m^2)	Cantidad de agua utilizada al mes (m^3)	Cantidad de agua utilizada al mes (m^3)
Enero	77.2	265	286.2
Febrero	1.7	280	302.4
Marzo	1.8	285	307.8
Abril	200.1	270	291.6
Mayo	160.5	85	91.8

La siguiente tabla muestra los datos proporcionados por los dos viveros de la muestra, de unidades cubicas (m³) a L/m² (1).

Tabla 2. Datos de precipitaciones y cantidad de agua utilizada en el vivero en (L/m²)

Meses	Precipitaciones por mes (L/m ²)	Cantidad de agua utilizada al mes (L/m ²)	Cantidad de agua utilizada al mes (L/m ²)	Promedio de agua potable utilizada en ambos viveros(L/m ²)
Enero	77.2	66.25	81.77	74.01
Febrero	1.7	70.00	86.40	78.20
Marzo	1.8	71.25	87.94	79.60
Abril	200.1	67.50	83.31	75.41
Mayo	160.5	21.25	26.23	23.74

Tomando en cuenta que según las estadísticas de precipitaciones proporcionadas por ETESA [12]: Enero, febrero y marzo son los meses en que menos llueve, la demanda de agua potable en los viveros incrementa “(ver gráfica 1 y 2)” y en base a esto se puede concluir que los meses ideales para recolectar agua lluvia son septiembre, octubre, noviembre y diciembre (ver gráfica 2), para utilizar la misma durante el verano del siguiente año.

Por lo que se puede estimar una demanda de agua utilizada en veranos por los viveros (ver tabla 3).



Gráfica 1. Precipitaciones para enero, febrero y marzo vs la demanda de agua en esos mismos meses de cada vivero.

Tabla 3. Total de la demanda de agua en verano (enero, febrero, marzo)

Meses	Cantidad de agua utilizada al mes (L/m ²)	Cantidad de agua utilizada al mes (L/m ²)	Promedio de agua potable utilizada en ambos viveros
Enero	66.25	81.77	74.01
Febrero	70.00	86.40	78.20
Marzo	71.25	87.94	79.60
Total de agua utilizada en verano:			231.81(L/m ²)
			869,287.5 L

El promedio total de agua que se necesitaría para cubrir con la demanda del verano sería de 231.81L/m², por ende, la cantidad de agua recolectada debe ser en base a este dato.

En la tabla 4 se muestra el promedio de precipitaciones de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de los últimos ocho años, siendo estos los meses con mayor cantidad de precipitaciones a lo largo del año para la captación del agua lluvia, ver gráfica 2.

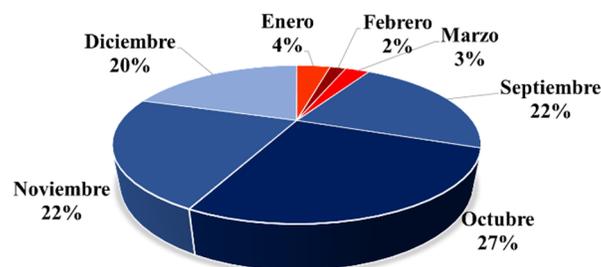
Conforme a las estadísticas proporcionadas por ETESA [12], la cantidad promedio de precipitaciones desde septiembre a diciembre es de 810.38 L/m².

En la tabla 5 y la gráfica 2 muestran las precipitaciones promedio por mes y la cantidad de agua recolectada con un 80% de eficiencia.

Tabla 4. Precipitación promedio total en los últimos meses del año

Meses	Precipitaciones por mes (L/m ²)
Septiembre	194.3625
Octubre	237.3375
Noviembre	199.25
Diciembre	179.4285
Total:	810.38

Porcentaje de agua que se podría recolectar en 40 m² de techo con un 80% de eficiencia.



Gráfica 2. Precipitaciones para septiembre, octubre, noviembre y diciembre (considerados los meses aptos para la captación de agua lluvia).

De acuerdo a los resultados de la tabla 5 se concluyó que durante los últimos cuatro meses del año se podrían recolectar aproximadamente 25932.11 L de agua para ser utilizados durante el verano.

Tabla 5: Precipitación promedio total en los últimos meses del año

Meses	Precipitaciones por mes (L/m ²)	Agua recolectada en litros (L) en un techo de 40 m ²	Techo de 40 m ² de captación con 80% de eficiencia (L)
Septiembre	194.36	7774.50	6219.60
Octubre	237.34	9493.50	7594.80
Noviembre	199.25	7970.00	6376.00
Diciembre	179.43	7177.14	5741.71
Total:			25932.11 L

Cambiamos la demanda de agua en verano (DAV) a unidades de litros (L).

$$DAV=231.81 \frac{L}{m^2} (3750m^2)= 869,287.5L \quad (2)$$

Con los datos de la demanda de agua en veranos (DAV) y el agua recolectada en los últimos cuatro meses del año (AR4) la tasa de variación encontrada es:

$$\text{Tasa de variación \%} = \frac{869,287.5L - 25,932.11L}{869,287.5L} \times 100 \quad (3)$$

%=97.02 de agua potable utilizada

% de ahorro de agua potable=100-97.02

% de ahorro de agua potable=**2.98**

Con un sistema de captación de agua de lluvia se ahorrarían aproximadamente 2.98% de agua potable durante todo el verano (enero, febrero, marzo) [11-12].

5. Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de los datos, se determinó que el porcentaje de agua potable que se ahorra no es significativo, en comparación a la cantidad promedio de agua que requieren las plantas en temporadas secas.
- Se concluyó que la idea de ahorrar agua potable ha generado un gran interés por parte de los dueños de los viveros, por el impacto positivo que esto podría representar para la naturaleza si se realiza a una mayor escala de reciclaje de agua de lluvia. Por ende, apoyando esta premisa, la idea de los canales de tubo de PVC para la recolección de agua de lluvia en los techos no resultó ser la mejor alternativa, pero otras alternativas como la creación de lagos artificiales, represas u otras estructuras a fines, quedan a expensas de investigación, ampliando el panorama de posibilidades de contribuir a un mejor cuidado del ambiente y a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales que nos proporciona la madre tierra.
- El ahorro de agua potable para una superficie promedio de 3750 m² poblada de plantas de acuerdo al estudio realizado es de 2.98%. Este porcentaje puede crecer, estudiando e investigando otras alternativas como las antes mencionadas

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirnos llevar nuestra investigación con éxito y poder culminarla de la misma manera.

A nuestra profesora asesora, Nicole Barriá

Por siempre tener críticas constructivas y buscar la mejora de nuestra investigación con el fin de enriquecer nuestros conocimientos.

A nuestros padres

Por tener siempre las palabras de aliento en el momento indicado, para seguir siendo nuestros polos a tierra y a la vez nuestros propulsores para triunfar.

A nosotros

Por formar un grupo de trabajo sólido y nutrido, ayudándonos y cumpliendo con nuestros objetivos.

Al personal de los viveros

Por brindarnos una grata atención y responder todas nuestras interrogantes acerca del proceso del cuidado de las plantas.

REFERENCIAS

- [1] https://es.wikipedia.org/wiki/Clima_de_Panam%C3%A1
- [2] N. Palacios. (2010) "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE Aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de Caldas, Antioquia". Disponible: <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>
- [3] A. Quispe. (2005) Captación de agua de lluvia para la agricultura familiar, una experiencia en comunidades rurales de Tlaxcala. Disponible: <http://132.248.9.34/hevila/Boletindelarchivohistoricodelagua/2008/vol13/noesp/9.pdf>
- [4] J. L. Estupiñán. H. O. Zapata. (diciembre 2010) Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1265/ing05.pdf?sequence=2>
- [5] C. Yanes, A. Orozco, M. Rojas, M. Sánchez, V. Cervantes. (1997). La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. (1 edición) Disponible: (http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_7.htm)
- [6] L. Chandeck, G. González, R. Orozco, R. Beltrán, A. León, J. Pimentel, N. Karina, A. Morales, C. Arauz, B. Alzamora, Manual De Viveros Forestales, (mayo 2012) Autoridad Nacional del Ambiente, ANAM. Disponible: https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual_Miveros_Forestales/manual_viveros_forestales.pdf
- [7] Captación de agua de lluvia, Soluciones Hidropluviales (2012). Disponible: <http://hidropluviales.com/2012/11/29/captacion-agua-de-lluvia/>
- [8] Hidromet, ETESA (2009), Factores que determinan el clima en Panamá. Disponible: http://www.hidromet.com.pa/clima_panama.php
- [9] EFE (2016, enero 28), Cultivos de maíz en Panamá están desapareciendo por las altas temperaturas, El Espectador. Disponible: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/cultivos-de-maiz-panama-estan-desapareciendo-altas-temp-articulo-613422>

Barria (et al): Evaluación del ahorro de agua potable que se podrían percibir en los viveros al implementar un sistema de captación de agua de lluvia en la ciudad de Panamá

- [10] IDIAP Panamá (2015, Mayo 22), Alternativas tecnológicas generadas por el IDIAP para afrontar problemas de sequía. Disponible: <http://www.idiap.gob.pa/2015/05/22/alternativas-tecnologicas-generadas-por-el-idiap-para-afrontar-problemas-de-sequia/>
- [11] O, Vargas. I. González, N. Y Trujillo, J. M. (2018). Análisis de un sistema de cosecha de agua a pequeña escala con finalidad pecuaria. Revista Luna Azul, 46, 82-101. Recuperado de <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=270>. DOI: 10.17151/luaz.2018.46.3
- [12] ETESA (2018), Datos diarios. Disponible: http://www.hidromet.com.pa/datos_diarios.php

Influencia de cinco tipos de pastas térmicas en el rendimiento de tres modelos de computadoras personales

Influence of five types of thermal pastes on the performance of three personal computer models

Lineth Guerra¹, Cirilo Castro¹ José Mendoza^{1*}

Licenciatura en Desarrollo de Software, Centro Regional de Bocas del Toro, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Este trabajo analiza la influencia de cinco tipos de pastas térmicas en el rendimiento de tres modelos de computadoras personales. Se aplicó un enfoque de investigación cuantitativo, el diseño fue no experimental. La población de estudio fueron tres computadoras personales a las cuales se les cambió el compuesto térmico por cinco tipos diferentes de pastas térmicas. La investigación se realizó en el distrito de Changuinola, provincia de Bocas del Toro, Panamá. Los resultados indican que, con la pasta térmica a base de plata se alcanzó una alta conductividad térmica, al tiempo que se adoptó al coeficiente de expansión térmica (CTE), logrando aumentar significativamente la capacidad térmica del disipador para deshacer el calor generado por los microprocesadores. Por lo tanto, se concluyó que, la selección de la pasta térmica es una variable para tomar en cuenta a la hora de seleccionar el compuesto apropiado para el procesador. El estudio reflejó que, para las condiciones ambientales de Bocas del Toro, Panamá, la pasta térmica con mejor rendimiento de las cinco pruebas, fue la del compuesto a base de plata.

Palabras clave Procesador, pasta térmica, temperatura.

Abstract This paper analyzes the influence of five types of thermal pastes on the performance of three personal computer models. A quantitative research approach was applied, the design was non-experimental. The study population was three personal computers to which the thermal compound was exchanged for five different types of thermal pastes. The investigation was conducted in the district of Changuinola, province of Bocas del Toro, Panama. The results indicate that, with the silver-based thermal paste, a high thermal conductivity was reached, while the coefficient of thermal expansion (CTE) was adopted, achieving a significant increase in the thermal capacity of the dissipater to undo the heat generated by the microprocessors. Therefore, it was concluded that, the selection of the thermal paste is a variable to take into account when selecting the appropriate compound for the processor- The study showed that, for the environmental conditions of Bocas del Toro, Panama, the thermal paste with better performance of the five tests, was that of the silver-based compound.

Keywords Processor, thermal paste, temperature.

* Corresponding author: jose.mendoza@utp.ac.pa

1. Introducción

Desde la creación de la placa madre AT *Advanced Technology*, figura 1, en el año 1984 por IBM con procesador Intel [1], la temperatura que generaba el procesador representaba el inicio de un gran problema para los componentes de la placa base. Por eso se empezaron a implementar los sistemas de enfriamiento por disipadores de calor y con ello inicia el uso e implementación de las pastas térmicas, ya que estas son las que hacen posible la correcta transferencia de la temperatura desde el procesador hasta el disipador. El uso de este sistema de enfriamiento tomó más auge con el surgimiento de las ATX *Advanced Technology Extended* en el año 1997 porque los procesadores, al ser más potentes y con mayor número de transistores que sus

antecesores, generaban una temperatura aún más elevada [2]. Se consideró oportuno investigar este tema, ya que las actualizaciones de las tecnologías han generado una cantidad grande de variantes en cuanto a disipadores de calor, y las soluciones térmicas también han evolucionado desde las almohadillas térmicas hasta las pastas térmicas a base de metal líquido [3].

Los compuestos térmicos que se comenzaron a utilizar fueron las almohadillas térmicas, ya que era mínima la generación de temperatura en esos tiempos; luego pasaron a las pastas de cerámica. Con el aumento de las temperaturas se cambiaron los compuestos de la pasta hasta el punto de que, hoy en día contienen diminutas partículas de oro, plata, aluminio o cobre que deben utilizarse con un disipador

apropiado para no causar un daño irreversible al microprocesador.



Figura 1. Placa Madre AT 1984.

Fuente: [1].

Los dispositivos semiconductores son cada vez más pequeños y más densos con la evolución de las nuevas tecnologías. Sin embargo, los aumentos en la densidad del circuito producen un énfasis correspondiente en las estrategias generales de encapsulado de los chips, para seguir siendo competitivos. Por lo tanto, los fabricantes de chips y sustratos, para encapsulados, se ven constantemente desafiados a mejorar la calidad de sus productos, identificando y eliminando problemas, reduciendo el tamaño y el peso de estos, a un costo más bajo, proporcionando eficiencias térmicas mejoradas y más avanzadas [4].

En los últimos años, la tecnología del diseño de disipador de calor con aletas ha alcanzado las técnicas comunes para la refrigeración electrónica [5], como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Solución térmica Intel BXTS13A disipador.

Fuente: Intel [6].

El disipador de calor que se usa en los procesadores de las computadoras personales es una fusión de un conjunto de materiales de alta conductividad térmica, tales como cobre, aluminio, latón, cobre/níquel, aluminio/latón, se usan para fabricar disipadores de calor con aletas (FHS - *Flower Heat Sinks*) dependiendo del costo y la simplicidad de fabricación de estos materiales.

El sistema de enfriamiento de los procesadores modernos se basa en un disipador de calor totalmente metálico; el cual posee un diseño optimizado de disipación de calor en base de cobre o aluminio con aletas de aluminio unidas, y su función se basa en las leyes de enfriamiento de Newton y la transferencia de calor [7].

El comportamiento de la temperatura en el disipador de calor se da como se muestra en la figura 3.

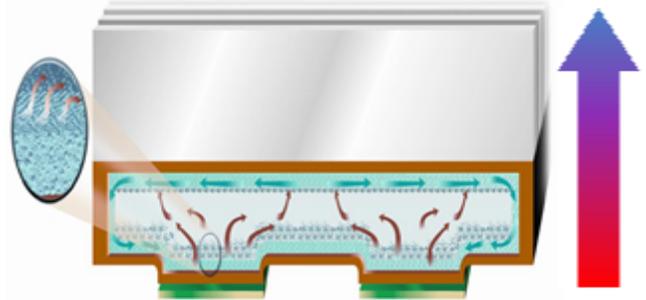


Figura 3. Dirección que recorre la temperatura en el disipador.

Fuente: [8].

El objetivo general de la investigación fue demostrar la influencia de cinco tipos de pastas térmicas en el rendimiento de tres modelos de computadoras personales. La idea surgió al apoyar a un colegio que tenía escasez de equipo, al recuperar 18 máquinas que las consideraban dañadas y uno de los causales, era por sobrecalentamiento, al reemplazar la pasta térmica, se lograron recuperar algunas.

De esta anécdota de motivación, nace la pregunta problema ¿Cuál es el impacto de las pastas térmicas en la temperatura del procesador la computadora y cómo saber cuál es la más conveniente para aumentar la vida útil del procesador?

Se identifica la ausencia del conocimiento sobre el uso de las pastas térmicas y la importancia de conocer la función de estas. Se propone realizar pruebas para demostrar qué pasta térmica es la más eficiente en el proceso de transferencia de calor.

2. Materiales y métodos

La población de estudio fue tres computadoras personales a las cuales se les cambió las pastas térmicas. La investigación se realizó en el distrito de Changuinola, provincia de Bocas del Toro. La duración de la investigación fue de tres meses.

En el experimento se utilizaron cinco tipos de pastas térmicas en tres computadoras: una PC de escritorio con placa madre AsRock y dos computadoras personal (PC) portátiles marcas Asus y Acer, como se muestra en la figura 4.

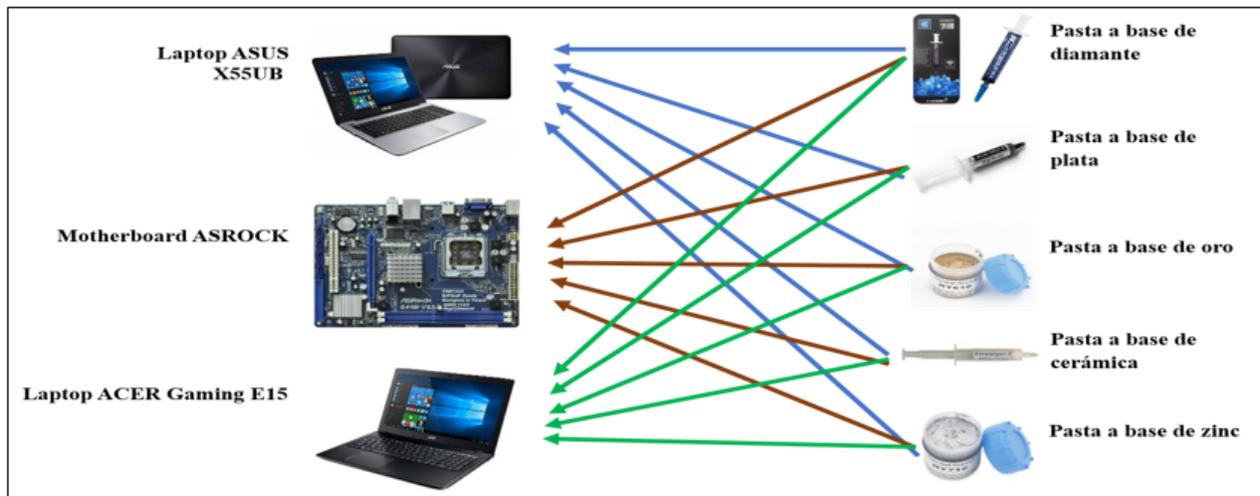


Figura 4. Diagrama de la aplicación de las cinco pastas térmicas con las computadoras.

El tipo de la investigación tiene un enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación fue no experimental, porque no se manipulan las variables del estudio, por otro lado, también fue transversal. Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente con Microsoft Excel, comparando las muestras entre sí, para emitir conclusiones.

2.1 Variable: las pastas térmicas

Para que la transferencia entre el procesador y el disipador de calor sea efectiva, se necesita de un compuesto químico térmico, tipo adherente y removible.

El compuesto térmico, también conocido como pasta térmica y grasa térmica, es un material utilizado para rellenar los espacios microscópicos entre la unidad central de procesamiento (CPU) de una computadora y su disipador de calor. El compuesto térmico aumenta significativamente la capacidad del disipador de calor para enfriar la CPU, lo que permite que la CPU funcione a mayor velocidad y mejore el rendimiento del sistema. Algunos procesadores se quemarán y dejarán de funcionar sin este compuesto térmico [9].

Hay docenas de marcas de pasta térmica disponibles, el precio normalmente se establece en función de la conductividad térmica y la cantidad de compuesto en el tubo (generalmente en el rango de 3g, que es de algunos usos). Un tubo de 8.5W/mK compuesto a base de carbono, que es resistente al envejecimiento, cuesta alrededor de \$10 por 4g.

El tipo de compuesto se enumera normalmente como un material basado en metal tipo plata, diamante/carbono (a menudo llamado "diamante nano") o cerámica. Los compuestos a base de metal, como el compuesto de plata, usan diminutos copos de metal para ayudar a conducir el calor al frío. Los compuestos de diamante suelen ser un poco más duros provenientes del tubo, lo que requiere un trabajo adicional para

dispensarlos, pero son teóricamente más fuertes durante largos períodos de uso [10].

2.1.1 Clasificación de las pastas térmicas

Hay tres tipos de materiales de interfaz térmica (TIM) que, podría encontrar en el mercado: estos son los basados en metales, cerámicos y los basados en silicio [11].

A continuación, hay una lista de material de interfaz térmica (TIM), sus pros y contras:

- **Basado en metal**

Pros - Ellos son los más populares en el mercado. También tienen el más alto nivel de conductividad térmica. El hecho de que en su mayoría son de metal es lo que los hace más eficientes en la conducción de calor.

Contras - Por otro lado, estas partículas de metal son eléctricamente conductoras, lo que representa una gran amenaza para los componentes eléctricos.

- **Basado en cerámica**

Pros - Están compuestos de partículas cerámicas, lo que significa que no son tan eléctricamente conductores como los TIM basados en metales.

Contras - No son tan conductores como sus contrapartes basadas en metales. La diferencia de temperatura varía alrededor de uno a tres grados centígrados.

- **Basado en silicio**

Pros - Simplemente vienen en los disipadores de calor y funcionan bien con el uso regular de la computadora.

Contras - No son muy eficientes en la conducción de calor. Muestran un bajo rendimiento de conductividad en comparación con los equivalentes de cerámica y metal. No es

aconsejable para los constructores que planean sobre acelerar el procesador (*overclocking*).

2.1.2 Tipos de pastas térmicas

Tipos de pastas térmicas que, se llaman por muchos nombres y a continuación se encuentran entre los más comunes (ver figuras de la 5 a la 9):

- Pasta térmica metálica con base diamante.
- Pasta térmica metálica con base plata.
- Pasta térmica metálica con base oro y cobre.
- Pasta térmica metálica con base aluminio.
- Pasta térmica de cerámica [3].

En comparación con los metales convencionales, algunos materiales compuestos pueden lograr una conductividad térmica relativamente alta al tiempo que se adaptan al coeficiente de expansión térmica (CTE) cambiando su composición. Estos materiales compuestos consisten en una matriz de metal, cerámica o polímero y pueden cargarse con grafito de alta conductividad térmica o partículas de diamante y / o grafito [12].

2.1.3 Pastas utilizadas en el experimento



Figura 5. Pasta térmica metálica con base de diamante.
Fuente: [14].



Figura 6. Pasta térmica metálica con base de plata.
Fuente: [14].



Figura 7. Pasta térmica metálica con base de oro y cobre.
Fuente: [14].



Figura 8. Pasta térmica metálica con base de cerámica.
Fuente: [16].



Figura 9. Pasta térmica metálica con base de zinc.
Fuente: [14].



Figura 10. Líquidos para remover la pasta térmica.
Fuente: [18].

2.2 Variable temperatura

La temperatura es un factor clave en el computador. Además, afecta de forma directa al rendimiento. A pesar de que el hardware está diseñado para soportar altas temperaturas de trabajo, si se les obliga a trabajar en estos límites térmicos durante demasiado tiempo acaba disminuyendo su rendimiento y fiabilidad [20].

Uno de los riesgos, aunque no se dañe el procesador, si trabaja a una temperatura demasiado alta, puede suceder una gran cantidad de errores y problemas de funcionamiento [21].

En los procesadores Intel, la empresa en el sitio de “Asistencia Técnica” cita: Estos términos y condiciones se refieren a la temperatura del procesador Intel para sistemas de escritorio y portátiles. El procesador no debe superar la temperatura máxima de chasis definida por el perfil térmico aplicable. El hecho de mantener la temperatura por debajo del máximo ayuda a optimizar el funcionamiento y la fiabilidad a largo plazo.

Para darle una mejor comprensión de las temperaturas de operación de los procesadores Intel y AMD, hemos incluido sus temperaturas en diferentes niveles de uso [22]:

- Temperatura de inactividad: computadora con el escritorio de Windows (sin abrir ventanas o programas).
- Temperatura normal: computadora durante el uso intensivo (juegos, edición de video, virtualización, etc.).
- Temperatura máxima: temperatura de CPU segura más alta recomendada por Intel o AMD.

Las marcas consideran que la temperatura de inactividad debe estar en el rango de 30 y 38 grados promedio.

2.3 Equipos utilizados en el experimento

Para medir físicamente la temperatura se utilizó el termómetro infrarrojo de la pinza amperimétrica, se toma a menos de un metro de la superficie que se va a medir [22].



Figura 11. Pinza amperimétrica con termómetro de infrarrojos.
Fuente: [14].

2.4 Otros materiales de limpieza



Figura 12. Paño de microfibra, brocha y espátula para aplicar la pasta.



Figura 13. Aire comprimido removedor el polvo.
Fuente: [20].

2.5 Equipos para evaluar

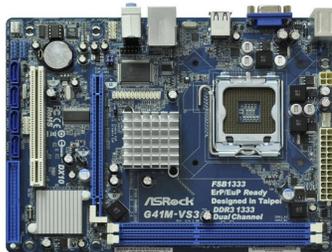


Figura 14. Placa madre ASRock G41M-VGS3.
Fuente: [15].



Figura 15. Laptop Asus X555UB.
Fuente: [16].



Figura 16. Laptop Acer Gaming E15.
Fuente: [17].

3. Resultados y discusión

Para la fase de prueba utilizamos el *software Open Hardware* para monitorear la temperatura del procesador, esta utilidad extrae los valores de la temperatura de los sensores de los núcleos de los microprocesadores, incluidos en el encapsulado de los fabricantes tanto Intel, como AMD. Además, es compatible con la mayoría de los chips de monitoreo de *hardware* que se encuentran en las placas madre modernas [14].

Se monitoreo físicamente con el sistema de medición de temperatura sin contacto de la pinza amperimétrica de CA/CC/multímetro digital con termómetro de infrarrojos incorporado [14].

3.1 Fase de prueba 1: placa madre ASRock

La medición realizada de la placa madre ASRock G41M-VGS3 [22], con procesador Intel Core 2, antes de cambiar la pasta térmica fue como se aprecia en la figura 17.

Temperatures			
CPU Core #1	40.0 °C	40.0 °C	50.0 °C
CPU Core #2	48.0 °C	48.0 °C	52.0 °C

Figura 17. Captura de pantalla de la temperatura de la placa madre ASRock G41M-VGS3, antes de cambiar la pasta térmica.

La tabla 1, muestra los resultados de las pruebas realizadas al procesador de la placa madre ASRock, después de haber aplicado las cinco pastas térmicas involucradas en la investigación.

Tabla 1. Temperatura registrada del procesador de la placa madre ASRock con las cinco (5) pastas térmicas

Tipo pasta	Temperatura registrada por software °C	Temperatura registrada físicamente °C
Pasta de diamante	35°	38°
Pasta de oro	38°	46°
Pasta de cerámica	61°	59°
Pasta de plata	32°	36°
Pasta de zinc	65°	60°

Resultando con un mejor rendimiento la pasta a base de “plata”, tal como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Tomando la temperatura física de la placa madre ASRock.

3.2 Fase de prueba 2: computadora portátil Asus X555UB

La temperatura registrada antes de cambiar la pasta térmica a la PC portátil marca Asus X555UB con procesador i5 6200u [16], fue la que se presenta en la figura 19.

Temperatures		
CPU Core #1	48.0 °C	50.0 °C
CPU Core #2	48.0 °C	49.0 °C
CPU Core #3	48.0 °C	49.0 °C
CPU Core #4	49.0 °C	54.0 °C
CPU Package	49.0 °C	54.0 °C

Figura 19. Captura de la pantalla de temperatura registrada de la portátil Asus X555UB, antes de hacer las pruebas con las pastas térmicas.

La tabla 2, muestra los resultados de las pruebas realizadas a la portátil Asus después de haber aplicado las cinco pastas térmicas involucradas en la investigación.

Tabla 2. Temperatura del procesador de la PC portátil Asus con las cinco (5) pastas térmicas

Tipo pasta	Temperatura registrada por software °C	Temperatura registrada físicamente °C
Pasta de diamante	45°	51°
Pasta de oro	55°	62°
Pasta de cerámica	40°	55°
Pasta de plata	36°	40°
Pasta de zinc	58°	60°

Resultando con un mejor rendimiento la pasta a base de “plata”. La figura 20 muestra el momento que se le aplicaba con la espátula la pasta térmica a la PC portátil Asus.

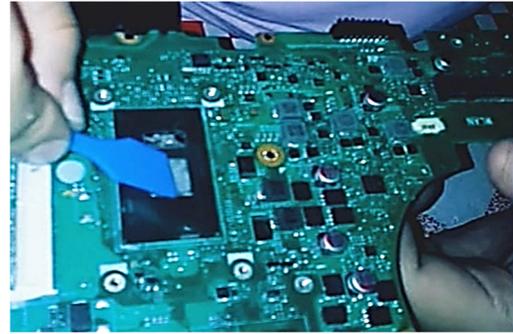


Figura 20. Aplicación de la pasta térmica al procesador de la PC portátil.

3.3 Fase de prueba 3: computadora portátil Acer Gaming E15

La temperatura registrada antes de cambiar la pasta térmica a la PC portátil marca Acer E15 con procesador i5 7200u [17], fue la que se presenta en la figura 21.

Temperatures		
CPU Core #1	58.0 °C	68.0 °C
CPU Core #2	58.0 °C	70.0 °C
CPU Core #3	60.0 °C	68.0 °C
CPU Core #4	61.0 °C	71.0 °C
CPU Package	61.0 °C	71.0 °C

Figura 21. Captura de la pantalla de temperatura de la portátil Acer E15, antes de hacer las pruebas con las pastas térmicas.

La tabla 3, muestra los resultados de las pruebas realizadas con las cinco (5) pastas térmicas involucradas en la investigación.

Tabla 3. Temperatura del procesador de la PC portátil Acer

Tipo pasta	Temperatura registrada por software °C	Temperatura registrada físicamente °C
Pasta de plata	30°	34°
Pasta de zinc	62°	59°
Pasta de oro	75°	56°
Pasta de cerámica	40°	62°
Pasta de diamante	49°	75°

Se puede observar que la pasta térmica que ofreció mejor resultado, con la temperatura más baja tanto por *software Open Hardware*, como por termómetro infrarrojo, fue la “pasta térmica a base de plata”.

Para demostrar los resultados se graficó la fase de prueba 3 con la portátil Acer Gaming, resultando con un mejor rendimiento la pasta a “base de plata”, en la fase de prueba 3 como se muestra en la figura 22.

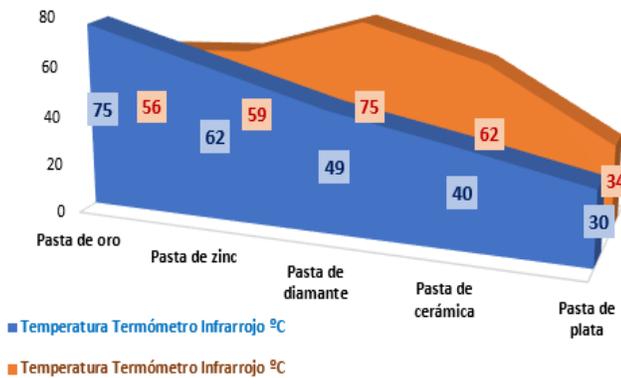


Figura 22. Gráfica de la temperatura del procesador de la PC Acer E15 con las cinco pastas térmicas.

La pasta térmica tiene una gran importancia e influye en la transferencia apropiada de calor del procesador al dissipador de calor, como se observa en la figura 23.

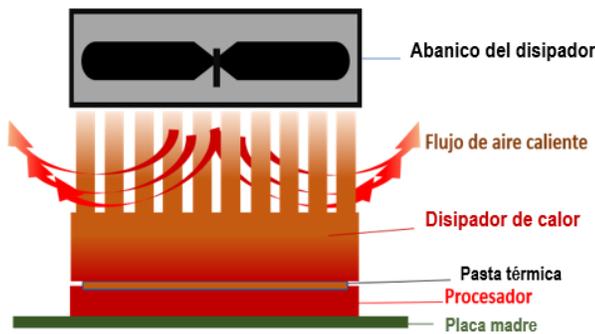


Figura 23. Flujo del aire que genera el abanico del dissipador de calor.

Con la pasta térmica a base de plata se alcanzó una alta conductividad térmica, al tiempo que se adoptó al coeficiente de expansión térmica (CTE), logrando aumentar significativamente la capacidad térmica del dissipador para deshacer el calor generado por los microprocesadores, como se muestra en la figura 24.

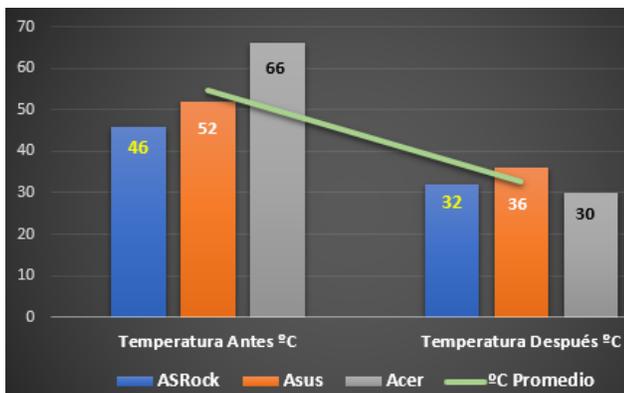


Figura 24. Gráfica de la variación de la temperatura de las tres computadoras antes y después de aplicar la pasta a base de plata.

4. Conclusiones

Con los resultados exhibidos en el presente artículo podemos concluir lo siguiente, las pastas térmicas juegan un papel importante en la transferencia térmica del procesador al dissipador. Una pasta térmica dañada generaría altas temperaturas en el procesador bajando el rendimiento de la computadora hasta bloquearla, apagarla y finalmente causar daños irreversibles en el equipo.

Se recomienda a los usuarios estar pendientes de la temperatura de sus computadoras, y el equipo de tecnología, en especial al soporte técnico, monitorear a través de software la temperatura del procesador de las computadoras, para evitar futuros daños.

La selección de la pasta térmica es una variable para tomar en cuenta a la hora de seleccionar el compuesto apropiado para el procesador. El estudio reflejó que, para las condiciones ambientales de Bocas del Toro, Panamá, la pasta térmica con mejor rendimiento, en las cinco pruebas, fue la del compuesto a base de plata.

Se logró una conductividad térmica relativamente alta, al tiempo que, la pasta se adapta al coeficiente de expansión térmica (CTE), logrando aumentar significativamente la capacidad del dissipador de calor para enfriar el microprocesador.

A continuación, se describe el interés de ampliar el trabajo a 50 computadoras, en los cuatro distritos de la provincia de Bocas del Toro, como trabajo final de grado.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecerle a nuestro profesor asesor por la motivación constante y asesoramiento en el desarrollo de la investigación y redacción del artículo.

REFERENCIAS

- [1] I. Hall, "Encyclopedia Briannica," 6 09 2018. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/topic/Intel>. [Accessed 10 09 2018]
- [2] Timetoast, "Timetoast," 2017. [Online]. Available: <https://www.timetoast.com/timelines/linea-de-tiempo-cambios-tecnologicos-tarjeta-madre>. [Accessed 6 6 2018]
- [3] HWlab, "HW-lab," 2017. [Online]. Available: <https://hw-lab.com/thermal-pads-forced-reality.html/4#test>. [Accessed 1 8 2018]
- [4] D. Edwards, D. Glenn, F. Shaji, I. Sushumna and P. Frank, "Google Patents," 3 9 2003. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US6444496B1/en?q=paste&q=paste&oq=thermal+paste>. [Accessed 3 8 2018]
- [5] A. Al-damook and F. Saleh, "Heat transfer and airflow characteristics enhancement of compact plate-pin fins heat sinks – a review," *Propulsion and Power Research*, vol. 7, no. 2, pp. 138-146, 11 6 2018.

- [6] Intel, "Intel," 21 7 2017. [Online]. Available: https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/processors/sb/BXTS13A_Thermal_Solution_LGA2011V3.pdf. [Accessed 5 7 2018]
- [7] D. Barragán, "Producción de entropía y ley de enfriamiento de Newton," *Revista Ingeniería e Investigación*, vol. 29, no. 2, pp. 88-93, 8 2009.
- [8] M. Vogel, "Low Profile Heat Sink Cooling Technologies for Next Generation CPU Thermal Designs," 2005. [Online]. Available: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:yIymrmcLzmcJ:scholar.google.com/+cpu+thermal+performance&hl=es&as_sdt=0,5. [Accessed 10 8 2018]
- [9] D. Stone, "Smallbusiness Chron," 2018. [Online]. Available: <https://smallbusiness.chron.com/thermal-compound-pc-67419.html>. [Accessed 12 8 2018]
- [10] S. Burke, "Gamer Nexus," 14 10 2015. [Online]. Available: <https://www.gamernexus.net/guides/2137-thermalpaste-types-conductivity-and-more>. [Accessed 9 8 2018]
- [11] J. Padilla, "WePC," 18 3 2018. [Online]. Available: <https://www.wepc.com/tips/thermal-grease-paste-pads-difference/>. [Accessed 1 9 2018]
- [12] "Hardmaniacos," 2018. [Online]. Available: <https://www.hardmaniacos.com/que-es-la-pasta-termica-que-pasta-termica-utilizar/>. [Accessed 6 6 2018]
- [13] J. Wei, "Challenges in Cooling Design of CPU Packages for High-Performance Servers," *Heat Transfer Engineering*, vol. 29, no. 2, pp. 178-187, 2008.
- [14] IC Innovation Cooling, "IC Innovation Cooling," 2017. [Online]. Available: <https://www.innovationcooling.com/products/ic-diamond/>. [Accessed 13 9 2018]
- [15] Arctic Silver, "Arctic Silver 5," 8 1 2018. [Online]. Available: http://www.arcticsilver.com/PDF/AS5_SDS.pdf. [Accessed 13 9 2018]
- [16] Halnziye, "Halnziye," 9 2014. [Online]. Available: http://www.halnziye.net/download_detail/downloadsId=19.html. [Accessed 12 9 2018]
- [17] Arctic Silver Céramique 2, "Arctic Silver Céramique 2," 8 1 2019. [Online]. Available: http://www.arcticsilver.com/PDF/CMQ2_SDS.pdf. [Accessed 13 9 2018]
- [18] Halnziye, "Halnziye," Halnziye, 2017. [Online]. Available: http://www.halnziye.net/products_detail/productId=71.html. [Accessed 12 9 2018]
- [19] Arctic Silver 2, "Arctic Silver ArctiClean 2," 7 6 2015. [Online]. Available: http://www.arcticsilver.com/PDF/ACN_1_SDS.pdf; http://www.arcticsilver.com/PDF/ACN_2_SDS.pdf. [Accessed 12 9 2018]
- [20] R. Andrés, "Computer Hoy," 17 6 2016. [Online]. Available: <https://computerhoy.com/paso-a-paso/hardware/como-controlar-temperatura-tu-ordenador-17819>. [Accessed 15 9 2018]
- [21] D. Cottino, J. Ghione and R. Martínez, "Users," in *200 Respuestas Hardware*, Banfield, Gradi SA, 2008, p. 320.
- [22] Build Computers, "Build Computers," 2016. [Online]. Available: <http://www.buildcomputers.net/cpu-temperature.html>. [Accessed 15 9 2018]
- [23] Extech, "Extech," 2013. [Online]. Available: http://translate.extech.com/instruments/resources/manuals/EX40_UM-en.pdf. [Accessed 6 1 2018]
- [24] Sabo, "Sabo Internacional," 2018. [Online]. Available: http://www.sabointernacional.com/es/?page_id=28. [Accessed 11 9 2018]
- [25] ASRock, "ASRock," 2009. [Online]. Available: <ftp://asrock.cn/Manual/G41M-VS3.pdf>. [Accessed 15 8 2018]
- [26] Asus, "Asus," 7 2015. [Online]. Available: https://dlcdnets.asus.com/pub/ASUS/nb/X555UA/0409_E10465_X555U_A.pdf. [Accessed 10 9 2018]
- [27] Acer, "Acer," 2016. [Online]. Available: https://global-download.acer.com/GDFiles/Document/User%20Manual%20W10/User%20Manual%20W10_Acer_1.0_A_A.pdf?acerid=636350239425113883&Step1=NOTEBOOK&Step2=ASPIRE&Step3=ASPIRE%20E5-553&OS=ALL&LC=es&BC=ACER&SC=PA_2. [Accessed 11 9 2018]
- [28] Open Hardware Monitor, "Open Hardware Monitor," 2018. [Online]. Available: <https://openhardwaremonitor.org/>. [Accessed 1 6 2018]

Prototipo de sistema experto basado en lógica difusa para la monitorización del ruido en espacios educativos

Prototype of expert system based on fuzzy logic for noise monitoring in educational spaces

Aracelis M. González^{1*}, Nahum E. Casco¹, Robinson H. Mela¹, Cristian I. Pinzón²

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Computacionales, Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá, ²Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Durante los últimos años en Panamá se ha venido incrementado la contaminación acústica, la cual, aunque puede parecer inofensiva, logra alcanzar niveles tan elevados, afectando progresivamente la salud de las personas. Por esta razón, tanto en espacios cerrados, como abiertos es necesario monitorizar los decibeles del ruido. Los sistemas expertos permiten representar conocimientos de expertos, lo cual facilita la toma de decisiones más precisa. Una de las técnicas para la construcción de sistemas expertos es mediante el concepto de lógica difusa. En este artículo se presenta el prototipo de un sistema experto basado en lógica difusa para la monitorización del ruido y un mecanismo de alerta en espacios educativos. El sistema desarrollado plantea la utilización de técnicas de inteligencia artificial para la toma de decisión y mecanismos de salidas que actúan como alertas, concretamente mediante semáforos de estados, indicando el nivel de ruido captado. En este trabajo se presenta la problemática, un prototipo del sistema experto funcional, y los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

Palabras clave Contaminación acústica, espacios educativos, inteligencia artificial, sistemas expertos, lógica difusa.

Abstract During the last years in Panama, noise pollution has increased, which, although it may seem harmless, manages to reach such high levels, progressively affecting people's health. For this reason, both in closed and open spaces it is necessary to monitor the decibels of the noise. Expert systems enable expert knowledge to be represented, facilitating more accurate decision making. One of the techniques for building expert systems is through the concept of fuzzy logic. This article presents the prototype of an expert system based on fuzzy logic for noise monitoring and an alert mechanism in educational spaces. The developed system proposes the use of artificial intelligence techniques for decision making and exit mechanisms that act as alerts, specifically through state traffic lights, indicating the level of noise captured. This work presents the problem, a prototype of the functional expert system, and the results obtained from the tests carried out.

Keywords Acoustic pollution, educational spaces, artificial intelligence, expert systems, fuzzy logic.

*Corresponding author: massielamgb@gmail.com

1. Introducción

Diversas instituciones y organizaciones han realizado estudios que demuestran el impacto que generan los altos niveles de ruido. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 1000 millones de personas están en riesgo de sufrir problemas auditivos por la exposición a niveles perjudiciales de ruido, donde el 50% oscila entre jóvenes de 12 a 35 años, con riesgos a los ruidos por aparatos personales y el 40% a ruidos generados en lugares de ocio [1]. En Panamá las universidades han calculado que alrededor del 70% de los

panameños están expuestos a niveles de ruido superiores al permitido por la OMS [2].

A pesar de los problemas que se generan a partir de la exposición al ruido, se ha demostrado un bajo interés en la búsqueda de soluciones, debido a que los daños que ocasiona no son inmediatos, lo que contribuye a que exista un bajo nivel de concientización y cultura del ruido de la población en general.

En países como España, se han implementado medidas para combatir el ruido desde los centros educativos, optando por

semáforos de ruido como una forma sencilla, y sobre todo instructiva sobre la importancia de la exposición a niveles altos de ruido. En estos países se han registrado casos de comedores escolares que alcanzan los 100 decibeles (dB), el mismo ruido que ocasiona un tubo de escape, cuando lo ideal es que estos rondan los 60 decibeles y los salones de clases los 40 decibeles [3].

La inteligencia artificial (IA) es una de las áreas de investigación que más desarrollo está teniendo actualmente en diversos campos. Entre las áreas de mayor desarrollo se encuentra la lógica difusa, al tener gran impacto en la solución de problemas reales. La lógica difusa fue planteada por Lotfi Zadeh con el desarrollo de los conjuntos difusos [4], lo que permitió dotar sistemas con la capacidad de evaluar distintos fenómenos con cierto grado de imprecisión, asemejándose al razonamiento natural humano.

Los sistemas expertos son programas inteligentes que permiten replicar el conocimiento de expertos humanos en un dominio específico para la resolución de problemas. Representan el conocimiento, gracias a las técnicas proporcionadas por la IA como la denominada lógica difusa. Esta imita la forma en que un humano toma decisiones muchas veces, con información vaga o imprecisa, y trabaja esos datos mediante un sistema de inferencia basado en reglas “*Si... Entonces*”, que permite trasladar sentencias del lenguaje natural a un lenguaje matemático formal.

El objetivo del presente trabajo es la construcción de un sistema experto basado en el concepto de lógica difusa para la monitorización de la contaminación acústica en centros educativos, y para la toma de decisión de alertar cuando los niveles de ruido pueden ser peligrosos para las personas.

Esta investigación se divide en las siguientes secciones: antecedentes, materiales y métodos, resultados y discusión, y conclusiones.

2. Antecedentes

La hipoacusia, mejor conocida como sordera, una de las principales afecciones causadas por el ruido, ya no se ve reflejada solo en adultos expuestos por trabajo o el envejecimiento, sino que también afecta a los jóvenes e infantes en su entorno. En el campo laboral, la pérdida de audición se ha convertido en la principal causa de indemnización, debido a la constante exposición al ruido [5].

En Panamá, en base a estadísticas de la Caja del Seguro Social (CSS), se atendieron para el 2017 un total de 2,300 pacientes con cuadros clínicos de hipoacusia producida por contaminación acústica. Estas atenciones se llevaron a cabo en el laboratorio de audiología del Hospital de Especialidades Pediátricas (HEP), en su mayoría provenientes de las provincias de Panamá, Chiriquí, Coclé y Veraguas [6].

En 2017 se escribió el artículo “Contaminación acústica en el campo de la USMA”, en donde se realizó un estudio para medir el ruido en diversas horas del día utilizando sonómetros PCE-322 A y el sistema de posicionamiento global (GPS). Indicando que el campo central de la USMA tiene un ruido tolerable con un promedio anual de 62.35 dB, lo que significa que la USMA está en el rango entre silencioso y ruidoso basado en las recomendaciones de la OMS [7].

Un enfoque distinto, relacionado a la monitorización y alerta, fue el artículo “Diseño e implementación de un sensor para la detección de motosierras de la red inalámbrica de telecomunicaciones para la protección ambiental en el bosque” escrito en el 2005. Es un sistema basado en una red neuronal de una capa entrenada para poder identificar el rango de decibeles generados por una motosierra en el bosque [8].

En comparación con los dos sistemas de monitorización de sonido y el sistema desarrollado, este último se diferencia en la implementación de dos plataformas ampliamente utilizadas para el flujo de datos, reforzando la capacidad de almacenamiento. Utiliza como técnica inteligente al momento de tomar decisiones la lógica difusa, que puede tratar valores imprecisos y darle forma, buscando siempre el estado de clasificación más acertado.

2.1 Contaminación acústica

A medida que el incremento y desarrollo humano ha logrado formar grandes concentraciones urbanizadas, los problemas ambientales también han ido en aumento, ya no se considera solo la contaminación del agua y el aire, sino que se introduce un nuevo concepto, la contaminación acústica. Esta abarca los sonidos molestos que perturban el entorno y que al igual que los demás problemas ambientales, pueden ocasionar afecciones a la salud.

En 2008 se crea en Panamá la fundación Oír es Vivir, dirigida por un grupo de Fonoaudiólogas con el fin de atender el ciclo de salud auditiva de niños y adultos. Hace énfasis en la importancia del conocimiento sobre el daño que puede causar el ruido, exponiendo datos como [9]:

La causa principal de pérdida auditiva es la exposición excesiva a los ruidos.

- La exposición continua a ruidos superiores a 85dB produce daño de la audición.
- Si el nivel de ruido ambiental impide mantener una conversación, quiere decir que, es excesivo y potencialmente dañino.
- El 25% de las personas expuestas a ruido excesivo en su lugar de trabajo, desarrollan algún grado de pérdida auditiva.
- Incluso una pérdida auditiva leve puede afectar la capacidad de aprendizaje de un niño.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea una tabla con los decibeles de ruido y sus distintas fuentes [10]. La tabla 1 resume los niveles de ruido, algunas posibles causas y la percepción subjetiva.

Tabla 1. Niveles planteados por la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Decibeles	Fuentes	Percepción Subjetiva
150	Perforación del tímpano	Intolerable (110-150)
110	Taladrador del pavimento	
80	Tráfico pesado	Muy ruidoso (70-100)
40	Música de radio en tono bajo	Poco ruido (30-60)
10	Respiración tranquila	Silencio (0-20)

Tras evaluar las características del problema estudiado, se plantea la construcción de un prototipo de sistema experto para la monitorización y alerta del ruido en espacios educativos.

3. Materiales y métodos

3.1 Tecnologías implicadas

Se propone una arquitectura de *hardware* y *software* encargados de la captación y procesamiento de los decibeles captados. Para su desarrollo se utilizaron los siguientes materiales:

- Placa Raspberry Pi 3B
 - Procesador: Chipset Broadcom BCM2387. 1,2 GHz de cuatro núcleos ARM Cortex-A53.
 - GPU. Dual Core VideoCore IV ® Multimedia Co-procesador.
 - RAM: 1GB LPDDR2.
 - Ethernet socket Ethernet 10/100 BaseT. 802.11 b / g / n LAN inalámbrica y Bluetooth 4.1 (Classic Bluetooth y LE)
- Placa Arduino Mega
 - Voltaje Operativo: 5V.
 - Voltaje de Entrada: 7-12V.
 - Voltaje de Entrada(límites): 6-20V.
 - Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
 - Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 Ma.
- Sensor de sonido ky_038
 - Voltaje de trabajo: 4-6VDC
 - Sensitividad ajustada por potenciómetro
 - Señal Digital y Analógica
- Relay

- capacidad de carga máxima: AC 0V—250V/10^a, DC 0V—30V/10^a;
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
- Lámpara de led (verde, amarillo, rojo).
 - Voltaje 110-140V.
 - 35W.

3.1.1 Software utilizado

Se utilizaron los siguientes elementos de *software* encargados del procesamiento de datos.

- **Python (3.4)**

Se utilizó Python, uno de los lenguajes de programación más poderosos para el análisis de datos [11], para el desarrollo del código en la Raspberry Pi. Esto que permite la inferencia de los decibeles y otorgarle una clasificación.
- **Arduino**

Se utilizó Arduino [12], para el desarrollo del código en la placa Arduino Mega, lo que permite controlar el encendido y apagado de las lámparas según la clasificación recibida por la Raspberry Pi y la lectura de decibeles.
- **Librerías**

Se utilizaron las siguientes librerías:

 - *matplotlib.pyplot* //Para generar las gráficas de decibeles vs tiempo
 - *time* //Para controlar el tiempo de lectura de datos
 - *serial* //Para la comunicación con la placa Arduino
 - *xlwt* //Para almacenar los datos captados
 - *tkinter* //Para la creación de la interfaz
 - *skfuzzy* //Para el procesamiento de datos con lógica difusa en base a reglas y gráficas.

• Lógica difusa

Formalmente, la lógica difusa es una de las ramas de la Inteligencia Artificial que surgió en 1995 [13]. Permite representar el conocimiento para la resolución de problemas. A diferencia de la lógica clásica, es decir, la que toda persona maneja de una forma u otra al momento de tomar decisiones, la lógica difusa no se limita al “blanco o negro” o al “cierto o falso” [14], sino que busca alternativas.

El prototipo emplea el potencial de los sistemas expertos utilizando la lógica difusa como técnica para evaluar los datos (ver figura 1), y advertir sobre los niveles ruido en un área delimitada para que se tomen las medidas correspondientes.

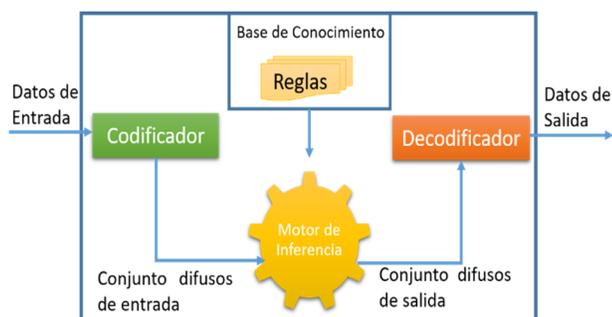


Figura 1. Modelo básico de lógica difusa.

3.2 Diseño del sistema

Inicialmente se propone un semáforo que capte los niveles de ruido y los envíe a una placa central para su procesamiento.

A continuación, se presenta un diseño del flujo de datos del semáforo al centro de control del sistema experto basado en una placa Raspberry Pi.

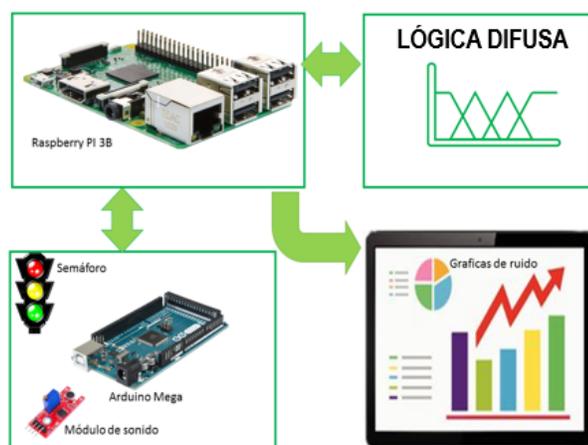


Figura 2. Diseño del sistema experto desarrollado.

Como se aprecia en la figura 2, el semáforo capta los decibeles mediante el sensor de sonido. Los datos son recibidos en tiempo real por la Arduino Mega y transmitidos a la placa central, Raspberry Pi, para ser clasificados mediante reglas de lógica difusa. Una vez son procesados, se devuelve la clasificación al semáforo para representar el estado al que corresponden los niveles de ruido captados. La alerta amarilla refleja un nivel de riesgo, la roja, un nivel que resulta potencialmente peligroso. En cualquier otro caso se mantiene una señal de color verde, indicando que el rango es tolerable en el nivel de decibeles.

3.3 Población y muestra

Se realizó una encuesta a diferentes niveles educativos de los distritos de Santiago y Atalaya, provincia de Veraguas, Panamá. Se aplicaron 70 encuestas a nivel primario, 24 a nivel de premedia, 53 a nivel de media y 50 a nivel universitario.



Figura 3. Estudiantes de sexto grado de la Escuela Primaria de Atalaya durante la encuesta.

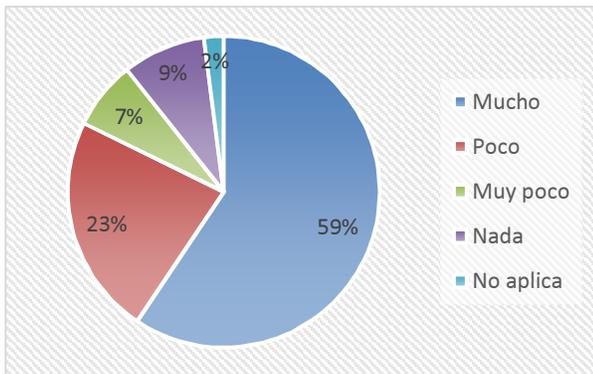
En total se aplicaron 197 encuestas en los centros educativos:

- Escuela San Antonio
- Escuela San Martín de Porres
- Escuela Primaria de Atalaya (ver figura 3)
- C.E.B.G de Atalaya
- C.E.B.G José Santos Puga
- Instituto Agropecuario Jesús Nazareno
- Instituto Urracá
- Universidad de Panamá, Centro Regional de Veraguas
- Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Veraguas

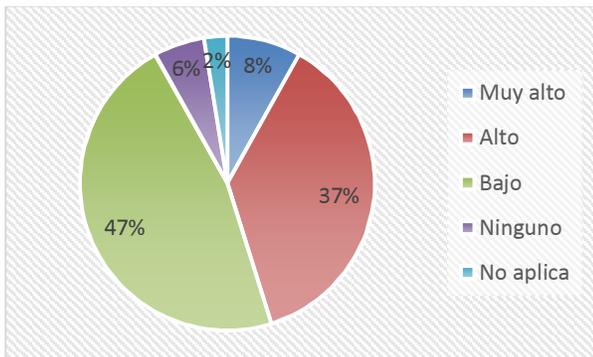
El 58.3% de las personas encuestadas demostraron tener conocimiento sobre los problemas que ocasiona el ruido a la salud, mientras que un 41.7% desconoce sus riesgos (ver gráfica 1). Las personas que consideran que en su colegio los niveles de ruido son altos, equivale al 56.0%, los que consideran que es un espacio libre de ruidos, equivale al 44.0% (ver gráfica 2). En cuanto al desempeño en clases el 87.0% considera que el ruido entorpece el aprendizaje, mientras que un 13.0% considera que no es un factor determinante para el buen desarrollo de la clase (ver gráfica 3). El 20.3% de las personas consideran que los eventos escolares ruidosos se realizan con mucha frecuencia, en cambio un 79.3% considera que estos eventos se realizan con poca o ninguna frecuencia.

Por último, considerando la ayuda tecnológica para alertar sobre los niveles de ruido en un salón de clases, el 78.1% de las personas encuestadas consideran que es útil, mientras que un 21.9% considera que no se necesita (ver gráfica 4).

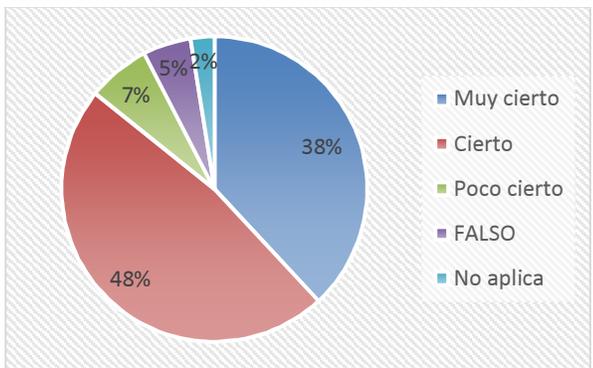
A continuación, se muestran los resultados de las encuestas graficadas por pregunta con sus respectivas opciones.



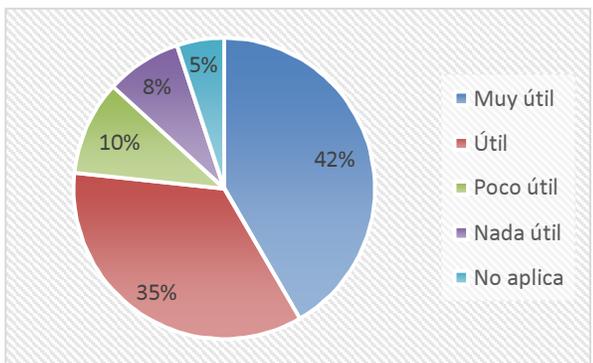
Gráfica 1. ¿En qué medida considera que el ruido afecta la salud?



Gráfica 2. ¿Cómo consideras el nivel de ruido en tu colegio?



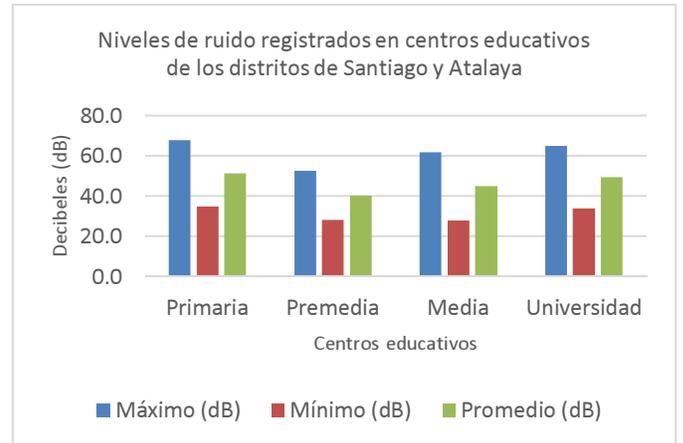
Gráfica 3. ¿Es el ruido un factor que afecta el desempeño en clases?



Gráfica 4. ¿Consideras útil un dispositivo tecnológico en tu salón de clases que alerte sobre los niveles de ruido?

4. Resultados y discusión

Se visitaron nueve centros educativos de la región, como se listan en el punto 3.3. Con una duración de 10 minutos para la captación de datos en cada caso, se registraron:



Gráfica 5. Niveles de ruido en centros educativos de los distritos de Santiago y Atalaya.

La grafica 5 refleja que las escuelas primarias y medias registran niveles más altos de ruido que las premedias y universidades, sobrepasando la media de 40 dB correspondientes a un salón de clases. Esto indica que los estudiantes pueden presentar mayores complicaciones al momento de atender una clase.

Una vez finaliza el intervalo de captación de datos, se calcula un promedio de los valores registrados. Mediante las reglas de lógica difusa se clasifica el valor promedio, dando como resultado la asignación de un estado comprendido en verde, amarillo o rojo, como se muestra la figura 4.



Figura 4. Estados de clasificación del semáforo.

Se realizaron captura de datos en los diferentes centros educativos en horarios matutinos y vespertinos, generando gráficas de decibeles vs tiempo como se muestra en la figura 5.

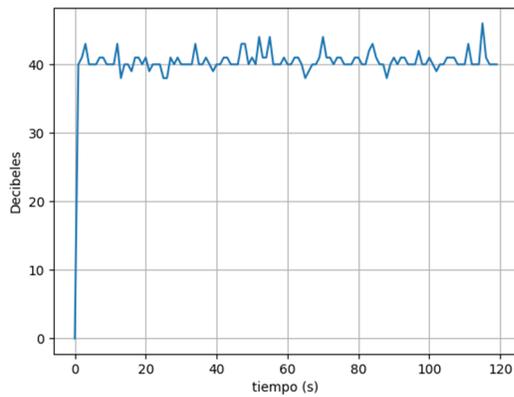


Figura 5. Gráfica de decibeles vs tiempo registrada en la Escuela Primaria de Atalaya.

Mediante el análisis de la gráfica anterior utilizando inferencia difusa, se obtuvo la siguiente clasificación (ver figura 6).

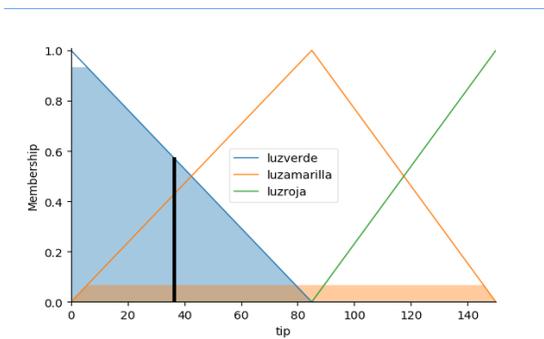


Figura 6. Representación gráfica de los niveles de decibeles captados en un concepto difuso.

La gráfica de la figura 6 se describe como sigue. El color azul (luz verde), amarillo (luz amarilla) y verde (luz roja). Marcó el color azul debido a que los valores captados se encuentran en el rango de 0-60 decibeles, aproximadamente el valor promedio registrado es de 37 decibeles, como demuestra la barra negra. La alerta visual, muestra el estado del semáforo, que advierte mediante el uso del color verde que los niveles del ruido son bajos o tolerables (ver figura 7).

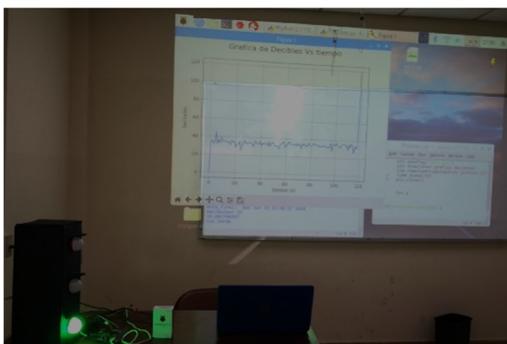


Figura 7. Prototipo funcional del proyecto.

En la figura 7 se muestra la salida del sistema mediante el semáforo que indica un nivel de ruido tolerable que corresponde a los resultados mostrados en la figura 5.



Figura 8. Interfaz del prototipo.

En la figura 8 se muestra la interfaz del sistema, en la cual se aprecian las gráficas de los niveles captados y la clasificación difusa, que deriva en el estado mostrado por el semáforo.

5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado el diseño de un prototipo de sistema experto basado en lógica difusa para monitorización del ruido en espacios educativos. Los principales logros fueron los siguientes:

Se realizó una encuesta en la cual se logró identificar el grado de desconocimiento de los estudiantes en cuanto a los daños causados por el ruido.

Se hizo el diseño conceptual del sistema para la monitorización del ruido en espacios educativos; de manera flexible para que pueda implementarse en distintas áreas públicas o instituciones educativas.

Se presentó una alternativa para educar a las personas sobre el riesgo ocasionado por el exceso de ruido en espacios públicos.

Se construyó un prototipo que incluye un semáforo de estados que advierte sobre la intensidad del ruido.

AGRADECIMIENTOS

A la Mgst. María Luisa Vélez por el apoyo y asesoramiento en la formulación de las encuestas.

REFERENCIAS

- [1] "OMS | Escuchar sin riesgos," WHO, 2015.
- [2] J. M. Salazar, "Valoración Social del Ruido: Un Problema Urbano," Soc. Rev. Soc. Humanist., vol. Vol. 18, pp. 31-48, 2016
- [3] "Educación instalará en todos los comedores escolares vascos 'semáforos de ruido,'" El Mundo, Vitoria, 08-Jun-2018.

- [4] S. Russell and P. Norving, *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*, Segunda Ed. Madrid: PEARSON, 2004.
- [5] OMS, “OMS | 10 datos sobre la sordera,” OMS. [Online]. Available: <http://www.who.int/features/factfiles/deafness/facts/es/index2.html>
- [6] Catherine Perea, “Reportan aumento de evaluaciones para descartar sordera por exceso de ruido,” *Telemetro*, Panamá, 29-Apr-2018.
- [7] G. Burke and F. Lazo De la Vega, “Contaminación acústica en el campus de la Usma”, 2017.
- [8] W. S. Pérez, “Diseño e implementación de un sensor para la detección de motosierras de la red inalámbrica de telecomunicaciones para la Protección Ambiental en el bosque,” Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2005.
- [9] Fundación Oír es Vivir, “Datos de Interés,” Fundación Oír es Vivir, 2017. [Online]. Available: <http://www.fundacionoiresvivir.org/quienes-somos/>
- [10] WHO, “GUÍAS PARA EL RUIDO URBANO,” 1999.
- [11] “What’s New in Python 2.7 — Python 2.7.15 documentation,” Python. [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/whatsnew/2.7.html>
- [12] “Introduction Guide,” Arduino. .
- [13] L. Ballester and A. J. Colom, “Lógica Difusa : Una Nueva Epistemología para las Ciencias de la Educación,” pp. 995–1008.
- [14] G. Morales Luna, *Introducción a la Lógica Difusa*. 2002.

Estimación del descarte de material reciclable doméstico en Chiriquí, Panamá

Estimation of the disposal of domestic recyclable material in Chiriqui, Panama

Mónica Aparicio¹, Conny Hernández¹, Lidiet Fossatti¹, Aylin Castillo¹, Jorge Luis Pino^{2*}

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Chiriquí,

²Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Autónoma de Chiriquí

Resumen El manejo y disposición de residuos sólidos a nivel mundial constituye un problema; América Latina, y Panamá no escapan a esta realidad. El objetivo del presente fue estimar la cantidad de plástico y vidrio reciclable descartado en viviendas en la provincia de Chiriquí. A su vez, se aprovechó para educar a las personas sobre los beneficios del reciclaje y el problema que representa el plástico y vidrio en nuestra población. Durante un mes se recolectaron y se pesaron los residuos de plástico y vidrio reciclable acumulados. Se produjo 26.03 kg/mes de plástico reciclable en ocho casas muestreadas, con un promedio de 3.25 kg/mes de descarte reciclable por casa. Solamente, una de las viviendas proporcionó insumos para estimar el descarte de vidrio reciclable; el cual fue de 1.94 kg/mes de envases de vidrio, lo que podría indicar que las familias tienden a reutilizar más el vidrio que el plástico. Con base en la información generada, se puede estimar que en estas viviendas podrían estar produciendo unas 0.312 toneladas de plástico por año. Este trabajo representa la primera estimación publicada, sobre la generación de desechos reciclables domiciliarios en David, Chiriquí; información de pertinencia para la formulación de iniciativas de reciclaje y manejo de desechos sólidos locales.

Palabras clave Descarte de desechos, Chiriquí, plástico, reciclaje, vidrio.

Abstract. The management and disposal of solid waste is a worldwide problem; Latin America, and Panama does not escape to this reality. The goal of this work was to estimate of the amount of domiciliary recyclable plastic and glass discarded in the Province of Chiriquí. While developing the research, environmental information about benefits of recycling was presented to educate people about the problem of residual plastic and glass. During a month, the accumulated recyclable plastic and glass waste was collected and weighed. A total of 26.03 kg/month of recyclable plastic was produced from eight sampled houses, with an average of 3.25 kg/month of recyclable waste per house. Only one of the houses provided data to estimate the disposal of recyclable glass; which was 1.94 kg/month of glass containers, this could indicate that families trend to reuse glass more than plastic. Based on the information generated, it can be estimated that these houses could be producing about 0.312 tons of plastic per year. This work represents the first published estimate on the production of household recyclable waste in David, Chiriquí; which could be information of relevance for the formulation of local solid waste recycling and management initiatives.

Keywords Waste disposal, Chiriquí, plastic, recycling, glass.

* Corresponding author: jorge.pino@unachi.ac.pa

1. Introducción

El manejo y disposición de residuos sólidos a nivel mundial constituye un problema grave y las ciudades de América Latina no escapan a esta realidad [1]. Factores como la insuficiente recolección y la inadecuada disposición final de residuos sólidos entre otros, provocan contaminación de tierra, aguas y aire, y genera riesgos para la salud humana. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial define desecho como todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos,

formándose una masa heterogénea que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales [2].

Estadísticas llevadas a cabo por la Cámara de Reciclaje de Panamá han demostrado que el país genera cerca de 3 mil 800 toneladas de basura al día y solo se recicla alrededor de un 5%, mientras que en otros países están reciclando al menos un 50% (La Estrella de Panamá, 2017). Por lo tanto, se puede considerar que en Panamá existe la capacidad de desarrollar actividades encaminadas al reciclaje.

La basura proveniente de los hogares y/o comunidades se clasifican en: 1) envases de vidrio, 2) plástico fino, 3) plástico

grueso, 4) cartón, 5) varios, 6) latas compactadas, 7) papel, 8) baterías, 9) metales diversos, 10) orgánicos, 11) *tetrapak*, 12) telas, 13) sanitarios [3].

En Panamá, un 8% de los desechos domésticos se compone de vidrio, el cual de ser reutilizado, podría desviar su destino al vertedero o como contaminante del entorno [3]. El plástico y el vidrio son de los materiales que más tardan en descomponerse, y al mismo tiempo los más utilizados en las sociedades actuales. Se calcula que el plástico tarda entre 100 y 1,000 años en descomponerse, mientras que el vidrio se degrada aproximadamente en 4,000 años [4]. Aunque en la “literatura gris” panameña se encuentran guías con descripciones de materiales reciclables para nuestro país [5], estas carecen de estimaciones locales.

Los microplásticos pequeñas partículas de plástico empleadas en una gran variedad de productos de limpieza [6] son producidos durante la degradación del plástico ya utilizado así como también durante la manufactura en muchas industrias. Debido a su pequeño tamaño (inferiores a 5mm), los microplásticos, son demasiado pequeños para ser eliminados por sistemas de filtración de aguas residuales y terminan en ríos y océanos, en donde son ingeridos por pájaros, peces y otras especies marinas. Los microplásticos, como producto del plástico doméstico no reciclado, constituyen una gran amenaza para la alimentación de animales marinos, incluidas muchas especies de aves, tortugas, peces, mamíferos marinos e invertebrados, que los confunden con alimento, provocando su muerte [6].

Chiriquí está ubicada en la región occidental de Panamá, particularmente en el Distrito de David, la provincia de Chiriquí cuenta con un total de 416,873 habitantes y 134,369 viviendas [7], y posee un sistema recolección de material de descarte, que traslada este descarte a un vertedero sin realizar un proceso de clasificación de la basura; por lo que se espera que parte de los plásticos descartados podrían llegar a representar algún problema ecológico o de salud pública. Ante la visión de disminuir el impacto de los desechos sólidos, son recurrentes los llamados a desarrollar programas de reciclaje de elementos reutilizables como lo son el vidrio y el plástico.

Para poder desarrollar iniciativas que estén relacionadas con el reciclaje de productos de descartes, es necesario realizar mediciones sobre la producción de material de descarte reciclable en la población. La finalidad de este trabajo es brindar una primera aproximación sobre el descarte de material de plástico y vidrio reciclable en familias de tamaño promedio en el distrito de David.

2. Métodos y materiales

2.1 Área de estudio

El muestreo se realizó en tres sectores de la provincia de Chiriquí, específicamente en los distritos de Dolega, Boquerón

y David; las áreas guardan relación con los domicilios de los autores, lo que facilitó el desarrollo del trabajo. Los hogares muestreados se localizaron en la periferia de la ciudad de David, la cual representa la cuarta ciudad más poblada del país [7] y la más desarrollada en la Región Occidental.

2.2 Materiales

En la literatura se encuentran diversos métodos utilizados para estimar la producción de residuos reciclables, los cuales estos suelen ser ajustados a las características del estudio y del entorno. En este trabajo, se realizó una estimación directa del material de descarte doméstico de manera selectiva [2].

En este estudio se utilizaron bolsas negras para basura, para recolectar el material de plástico y vidrio proporcionado; y una balanza colgante para el pesaje de la misma (figura 1).

Se contactó a diez familias para ser parte del estudio. En estos hogares mantenía un tamaño familiar de entre cuatro y seis miembros. En cada casa se proporcionó material informativo impreso que describía la finalidad del estudio y con la simbología referida a los tipos de material reciclable, para que pudiesen identificar este material dentro de su descarte de basura. Se les solicitó su contribución en la separación del material reciclable de descarte y colocación en las bolsas proporcionadas para vidrio y plástico.

2.3 Recolección del material de descarte

El muestreo se realizó entre los meses de julio y agosto de 2018. Se recolectó de manera semanal el material proporcionado en cada hogar hasta cumplir con un mes de recolecta en cada vivienda. Este material de descarte fue verificado para asegurar que cumpliera con la condición de reciclable y posteriormente se estimó su masa en kilogramos mediante el uso de una balanza colgante (figura 2).



Figura 1. Recolección del material reciclable de descarte producido semanalmente en las viviendas estudiadas.

2.4 Organización y tabulación de datos

Los datos obtenidos fueron tabulados y analizados, apoyados en la estadística descriptiva. Se organizaron los datos correspondientes a los pesos obtenidos en cada colecta semanal de la basura por vivienda; dichos datos se colocaron en tablas para ser comparados y posteriormente representarlos gráficamente.

3. Resultados y discusión

Inicialmente se contempló muestrear la producción de material de descarte reciclable en diez viviendas, pero dos de éstas fueron retiradas del estudio, ya que no cumplieron con brindar accesibilidad al material solicitado. Los resultados presentados están basados en ocho viviendas, ver tabla 1.

En Panamá, el plástico es uno de los desechos que se producen y acumulan con gran frecuencia, pero, aun así, existe un desconocimiento generalizado sobre cuánto plástico o vidrio es producido, contemplando otra unidad de referencia (por habitante, por vivienda, etc.). Por ello, los valores reportados, con el abordaje de las ocho viviendas constituye un aporte en el entendimiento de la producción estos materiales.

Los datos obtenidos nos informan sobre la generación de plástico como descarte en el sector doméstico, lo cual podría ayudar en el sustento de estrategias de estudio y manejo de elementos reciclables en el material de descarte domiciliario.



Figura 2. Pesaje semanal del material de descarte producido en cada una de las ocho viviendas.

Panamá es uno de los países más rezagados en el manejo y aprovechamiento de residuos en Latinoamérica [8]. Por ejemplo, uno de los problemas que enfrentamos, es que no existen los espacios para seguir depositando residuos sólidos; a su vez, los actuales vertederos generan malestar y rechazo en

las comunidades. El grado de participación, directo con los participantes del estudio, permitió conocer sobre la disposición que puede tener la comunidad para involucrarse en actividades que ayuden a conocer sobre los residuos domiciliarios y para darles un mejor manejo a estos.

El abordaje utilizado para el manejo de los residuos domiciliarios no ha cambiado en décadas, se basa en la recolección y vertido de los mismos en un campo abierto, y no tanto en la reducción de su producción, reutilización, reciclaje y/o aprovechamiento energético o de compostaje de estos, que es hacia donde deberían estar enfocadas las estrategias de manejo de desechos [9].

La producción de plástico reciclable fue asimétrica por casa, variando desde 1.93 Kg hasta 4.08 Kg en un mes (figura 3), con un promedio de 3.25 Kg.

Tabla 1. Peso en kilogramos del plástico reciclable descartado por vivienda por semana

Frecuencia de recolectas	Viviendas							
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Semana 1	0.73	0.45	0.63	1.36	0.77	0.54	0.45	0.68
Semana 2	0.90	0.68	0.63	0.90	0.90	1.09	0.68	1.00
Semana 3	0.90	0.90	0.45	1.13	0.68	0.59	1.68	1.13
Semana 4	0.45	0.22	0.22	0.81	0.90	0.81	1.27	1.50
Peso Total (Kg)	2.98	2.25	1.93	4.20	3.25	3.03	4.08	4.31

Se muestrearon viviendas con un número de integrantes entre cuatro y seis personas; esto, para que el número de miembros de la familia no fuese la principal fuente de variación en la producción del material de descarte. Aparte de la variación reportada, también se puede notar que no hay una producción de plástico nula o muy cercana a cero. Esto podría ofrecer indicios sobre la cultura, ya sea consumista o de reciclaje (reconociendo que hay condiciones intermedias y situacionales), en la muestra estudiada. Por ejemplo, se esperaría que, si las familias hubiesen tenido un número familiar más alto, se produciría mayor cantidad de plástico reciclable; esto, en ausencia de un programa de concienciación sobre el problema de los plásticos en el ambiente.

El poder adquisitivo podría ser otro factor que potencialmente pudiese influir en la producción de plásticos como descarte. Un ejemplo que se puede mencionar es si una familia cuenta con mayor recurso económico, se le facilitaría la compra de una mayor cantidad de productos embotellados en comparación con otra familia con un presupuesto menor; tal y como ocurre a nivel mundial en donde de países con mayor poder adquisitivo son los que mayormente consumen agua embotellada [10].

Otros factores que podría influir en el consumo y la producción de material de plástico reciclable como descarte, podrían ser el contexto geográfico y las características culturales de la población. Por ejemplo, la temporada del año, ya que se esperaría, que en temporadas de verano se promoció más el consumo de bebidas embotelladas al igual que durante celebraciones de fin de año, o patronales regionales.

Los datos reportados sobre el descarte de materiales plásticos, permiten reflexionar sobre las dimensiones de estas cifras, ya que solo se contabilizó una fracción muy pequeña de las zonas urbanas de la provincia de Chiriquí sin tomar en consideración las zonas rurales y el resto de las provincias del país. Así, los resultados muestran que, en solo ocho viviendas, se puede obtener una producción de plástico reciclable de 26.03 Kg; lo que equivaldría a unas 0.026 toneladas por mes. Este valor puede ser transformado a una producción anual, lo cual sería unas 0.312 toneladas. Si extrapolamos el valor obtenido, a un escenario como el número de viviendas en la provincia de Chiriquí que es de 134,369 toneladas [11], considerando condiciones similares, se generarían unas 41,923.128 toneladas de plástico anuales, que podrían ser recicladas.

De acuerdo con datos de la Alcaldía de Panamá, el 19% de los residuos que se manejan en el relleno sanitario de Cerro Patacón, el cual recibe residuos de la ciudad capital y alrededores, son plásticos; sólo los desechos orgánicos representan un porcentaje mayor (30%) [3], [12]. Estas mismas fuentes, indican que la importación de plásticos durante el 2015, fue de 143,6 toneladas; lo que puede ejemplificar la potencial magnitud de contaminación ambiental que podría generar el plástico en sus distintas formas; pero también muestra la potencialidad de contar con plásticos reciclables

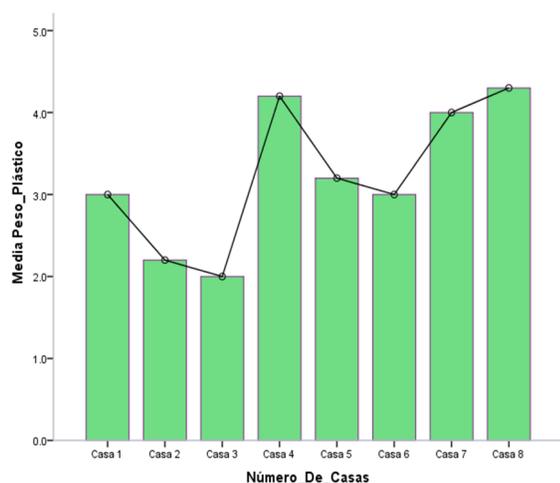


Figura 4. Variación en el peso de material plástico reciclable en kilogramos producido por vivienda muestreada.

El gran problema del plástico es intrínseco a su utilidad; por ejemplo, la mayoría de los productos fabricados con este material tienen una vida útil muy corta y suelen ser desechados con facilidad. Sin embargo, a pesar de la resistencia del plástico con características reciclables o re-usables, este, generalmente no se le potencia su re-uso. Como consecuencia, el plástico ha proliferado en nuestro entorno, desde la envoltura de los alimentos, la ropa, hasta en la mayoría de los dispositivos electrónicos que usamos.

La manera más común de eliminar los plásticos es mediante un proceso de descomposición conocido como pirólisis [13], o a través de la incineración, aunque este último procedimiento no es recomendado por sus efectos nocivos para la salud y al medio ambiente [14]. Recientemente se han descubierto otras formas de biodegradación a través de varios organismos [15]. Cualquiera que sea el método de tratamiento del plástico post-descarte, su implementación requiere la caracterización y estimación del mismo a nivel local.

Una ventaja del plástico es que, al reciclarse, podría mantenerse en uso. Una botella de agua, por ejemplo, puede re-usarse hasta 20 veces sin que pierdan las propiedades del material, aunque algunos autores indican que podrían usarse por más tiempo. Sin embargo la mayoría de los residuos de plástico reciclables que existen hoy en la naturaleza, muy probablemente no fueron reciclados [16].

Actualmente en Panamá, se puede apreciar en la población, un incremento en el respaldo a iniciativas de reciclaje, los cuales son cada vez más evidentes a través de diferentes redes sociales. Un ejemplo de esta positiva receptividad, está representada por el apoyo recibido durante la realización de este proyecto a través de la información que nos fue provista en ocho de las diez viviendas (80%).

En cuanto a la producción de desechos de vidrio reciclable, este resultó tener el manejo más ecológico por sus cualidades reciclables y rendimientos múltiples; por ejemplo, su reutilización revierte en beneficios directos inmediatos. Solamente en una de las diez viviendas contempladas en el estudio se brindó información relacionada con la producción de vidrio reciclable. La cantidad obtenida durante el mes en estudio fue de 1.94 Kg de vidrio.

Algunas de las explicaciones brindadas sobre el descarte de los materiales de vidrio reciclables, tienen que ver con su reutilización inmediata en la cocina para guardar alimentos, para guardar monedas o como floreros; por lo que no son descartados después de su uso inicial. Otro factor que podría causar el bajo reporte de vidrios reciclables podría ser el hecho de que muchos alimentos ahora tienen una presentación en envases *tetrapak*, o en envases de sobres de aluminio, lo que reduce el número de productos envasados en vidrio. En este estudio se pudo evidenciar la reutilización más efectiva del vidrio sobre los plásticos.

En el entorno industrial y comercial, el reciclaje de envases de vidrio podría formar parte de las estrategias de negocio, beneficiando a las empresas más allá de cumplir con aspectos relacionados con la responsabilidad social; promoviendo a la producción verde para que sea económicamente más atractiva.

El reciclado de vidrio generado en hogares, es un tema que requiere de mayor atención por parte de las autoridades nacionales. Contrastando con los adelantos tecnológicos y el desarrollo económico-empresarial; Panamá ha sido uno de los países en donde ha costado desarrollar programas efectivos de reciclaje y manejo de desechos. Mientras, unos ven el vidrio como un problema, empresarios latinoamericanos dedicados al reciclaje de vidrio en América Latina y el Caribe del Grupo, encuentran en vidrio una fuente importante de negocio eco-amigable.

Diferentes autores sugieren que en el reciclaje de vidrio utiliza 26% menos de energía que la energía utilizada en la producción original del mismo. Para tener una mejor idea, en la generación de un kilo de vidrio se necesitan unas 4.200 kilocalorías de energía [17]. Al utilizar menos energía en la generación de material a través del reciclado, esto reduciría en un 20% la contaminación atmosférica (gases de efecto invernadero), disminuyendo también la contaminación de agua en un 40% [18]; esto, aparte del ahorro equivalente del material para la producción del vidrio “virgen”.

Los valores de materiales reciclables de descarte (plástico y vidrio) generados en este estudio podrían ser de interés para las autoridades municipales locales, ya que brinda valores no teóricos, sino reales sobre el descarte en viviendas, esto podría ser de utilidad para gestionar iniciativas de manejo ante el creciente problema de la basura. También podría ser de interés para empresarios interesados en desarrollar la industria del reciclaje o bien del tratamiento general de desechos sólidos.

Un ejemplo emergente para el desarrollo de industrias relacionadas con el reciclaje de plástico, surge ante la reciente necesidad mundial, debido a la pandemia, de producir masivamente máscaras de protección con pantalla de acrílico, para evitar el contagio de Covid-19. Como resultado, múltiples instituciones locales e internacionales implementaron la impresión 3D de las piezas de plástico de estas máscaras. Tal vez estas piezas podrían ser impresas con material reciclado, utilizando protocolos adecuados, ya publicados para el uso de plástico reciclado en la impresión 3D [19].

La generación de desechos sólidos reciclables puede ser heterogénea en una comunidad [20]; por ejemplo, algunos factores que podrían influir en estas variaciones se pueden mencionar factores como los ritmos de crecimiento poblacional, la distribución asimétrica de los habitantes en un contexto geográfico, o los hábitos de consumo. En este trabajo reconocemos la baja representatividad temporal y espacial del muestreo, lo cual podría ser un argumento válido para repensar

en la generalización presentada a partir de los datos obtenidos. Sin embargo, en ausencia de otro tipo de información generada referente a la producción de desechos reciclables en viviendas de la provincia de Chiriquí, nuestros resultados podrían utilizarse como hipótesis para futuros trabajos.

Este es uno de los primeros estudios que genera este tipo de información en viviendas de Chiriquí. La información presentada podría ser útil en la toma de decisiones referentes a estrategias de manejo de este tipo de materiales, en el desarrollo de estrategias de concienciación sobre la gran cantidad de material de descarte producido, también incentiva a buscar soluciones creativas para el tratamiento de estos materiales con incentivos económicos, principalmente el plástico, cuya proliferación continúa afectando a la fauna y flora en ecosistemas marinos.

3. Conclusiones

- A través del trabajo realizado se pudo generar información base sobre la producción de vidrio y plástico reciclable en viviendas de la provincia de Chiriquí.
- El diseño empleado para la toma de datos es sencillo, confiable y escalable.
- Los valores obtenidos en este estudio presentan una importancia local para las autoridades municipales y para potenciales empresarios en el negocio del reciclaje.

AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestro agradecimiento las familias que participaron en esta investigación. También a la Jornada de Iniciación Científica (JIC), en cuyo marco se realizó este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] L. Á. Rodríguez Escobar, “Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina,” *Rev. Innovar J. Rev. Ciencias Adm. y Soc.*, vol. 20, 2002, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [2] E. Rondón Toro, M. Szantó Narea, J. F. Pacheco, E. Contreras, and A. Gálvez, *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago: CEPAL -Naciones Unidas, 2016.
- [3] Defensoría del Pueblo de la República de Panamá, *Informe especial sobre el manejo de los residuos sólidos en Panamá*. Panamá: Gobierno Nacional, 2007.
- [4] C. Sanz Boix, M. D. Salvador Moya, F. Segovia López, V. Amigó Borrás, and A. T. Pérez Rodríguez, “Degradación química de plásticos reforzados en medios básicos,” *VIII Congr. Nac. Propiedades Mecánicas Sólidos*, pp. 341–347, 2002.
- [5] “Guía de reciclaje de residuos sólidos domiciliarios.” Centro Nacional de Información sobre Producción Más Limpia y Consumo Sustentable, Panamá.
- [6] E. Huerta Lwanga, “Microplásticos: insospechado problema ambiental,” *Ecofronteras*, vol. 20, no. 58, pp. 26–28, 2016.

- [7] Instituto Nacional de Estadística y Censo, *Panamá en Cifras*. Panamá: Departamento de Artes Gráficas, Dirección de Administración y Finanzas, 2018.
- [8] S. Lobo, M. Marín, V. Rudin, and F. Salas, *Análisis de los retos para el desarrollo de la cadena de valor del reciclaje en Centroamérica*. Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo, 2016.
- [9] INECO, “Plan Nacional de gestión integral de residuos 2017-2027. Modelo de gestión de residuos: Propuesta de nuevo modelo de gestión y del nuevo modelo económico financiero.” INECO, La Habana, p. 122, 2017.
- [10] C. Ferrier, “Water Bottled: Understanding a social phenomenon,” *AMBIO A J. Hum. Environ.*, vol. 30, no. 2, pp. 118–119, 2001, doi: 10.1579/0044-7447-30.2.118.
- [11] INEC, *Distribución territorial y migración interna en Panamá: Censo 2010*. Panamá: Contraloría General de la República de Panamá, 2014.
- [12] La Estrella de Panamá, “En Panamá entusiasmo el reciclaje pese a poca conciencia de peligro del plástico,” *3 de Junio*, Panamá, pp. 1–9, 2018.
- [13] M. Mancheno, S. Astudillo, P. Arévalo, I. Malo, T. Naranjo, and J. Espinoza, “Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio de pirólisis,” *La Granja Rev. Ciencias la Vida*, vol. 23, no. 1, pp. 53–59, 2016, doi: 10.17163/lgr.n23.2016.06.
- [14] N. Tangri, *Incineración de residuos: una tecnología muriendo*. 2005.
- [15] J. Yang, Y. Yang, W. M. Wu, J. Zhao, and L. Jiang, “Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of plastic-eating waxworms,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 48, no. 23, pp. 13776–13784, 2014, doi: 10.1021/es504038a.
- [16] S/A, *2016 United States National postconsumer plastic bottle recycling report*. The Association of Plastic Recyclers & The American Chemistry Council, 2016.
- [17] M. A. González Lozano and P. Ponce Peña, “Uso de vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla,” *Rev. Iberoam. las Ciencias Biológicas y Agropecu.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2012.
- [18] K. Tarnocki, “Conocimiento de los alumnos ucabistas con respecto al reciclaje y ahorro de energía,” Universidad Católica Andrés Bello, 2010.
- [19] Herianto, S. I. Atsani, and H. Mastriswadi, “Recycled Polypropylene Filament for 3D Printer: Extrusion Process Parameter Optimization,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 722, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/722/1/012022.
- [20] A. P. Of, T. H. E. Northeast, M. Council, O. F. Governments, and W. Grant, “Recycling in Michigan: successful recycling programs, best practices, and diversion potential,” no. January. Northeast Michigan Council of Governments, Michigan, p. 127p, 2016.

Diseño de un tubo de retención para la fabricación de un jugo de naranja y zanahoria estabilizado con goma xantana y CMC

Design of a retention tube for the manufacture of an orange and carrot juice stabilized with xantana and CMC gum

Gabriela Diaz¹, Iris Espinosa¹, Alberto Tuy¹, Estrella Villalaz¹, Lloyd Gardner¹, Salvador Rodriguez^{1*},
¹Licenciatura en Ingeniería en Alimentos, Facultad de Ciencia y Tecnología
^{1*} Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Este proyecto se basa en la utilización de aditivos alimentarios para mejorar la viscosidad de un producto y diseñar un sistema para la producción de este. Nuestro producto es un jugo natural de zanahoria y naranja, al cual se le añade goma xantana y carboximetil celulosa (CMC) como aditivo y luego se hicieron los cálculos pertinentes para poder diseñar el sistema de producción para el mismo, específicamente, el tubo de retención. Además, evaluamos cómo estos aditivos pueden mejorar el mezclado de la zanahoria y la naranja, ya que originalmente el jugo presenta dos fases.

Palabras clave Aditivos alimentarios, goma xantana, CMC, tubo de retención.

Abstract This project is based on the use of food additives to improve the viscosity of a product and design a system for its production. Our product is a natural carrot and orange juice, to which Xantana gum and CMC are added as an additive, and then the pertinent calculations were made to be able to design the production system for it, specifically, the retention tube. In addition, we evaluated how these additives can improve the mixing of carrots and oranges, since the juice originally had two phases.

Keywords Food additives, Xanthan gum, CMC, retention tube.

* Corresponding authors: salvador.rodriguez@utp.ac.pa

1. Introducción

Un aditivo alimentario es cualquier sustancia que no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, reparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características [1].

En la industria alimentaria se hace uso de distintos aditivos para mejorar el producto final, ya sea para extender la vida útil del producto, mejorar las características y propiedades de este como la viscosidad (al tratarse de un fluido), sabor, color, entre otros.

El presente trabajo trata sobre mejorar la viscosidad de un jugo empleando dos aditivos diferentes, xantana y CMC (carboximetilcelulosa), que son polisacáridos que cumplen la función de estabilizar y emulsionar sustancias para que se presente en una sola fase [2], y diseñar un tubo de retención

para simular el procesamiento de este jugo. Los fluidos en plantas de procesamiento de alimentos son transportados por medio de tuberías. Un sistema de tuberías para el transporte de fluidos generalmente se diseña tomando en cuenta componentes esenciales como son: acero inoxidable, diámetro, que puede variar entre dos a diez centímetros, dependiendo de las características físicas del fluido, una válvula accionada por aire para controlar el caudal del líquido y más importante, el diseño del sistema de tuberías debe contribuir a mantener buenas prácticas de higiene al tratar el producto [3].

Para el diseño del sistema de tubería para el procesamiento de este producto, se partió de las propiedades físicas del fluido, como la densidad y viscosidad y los números adimensionales de Reynolds, Prandtl, Nusselt, Fourier y Biot.

Las características de flujo para un flujo laminar están determinadas por las propiedades del líquido, el caudal y las dimensiones de la interface líquido- sólido. Al incrementarse el flujo másico, las fuerzas de momento o inerciales incrementan, estas a la vez son retenidas por fuerzas de fricción o viscosidad propias del líquido. Cuando estas fuerzas opositoras alcanzan un cierto tipo de equilibrio, comienzan a

cambiar las características de flujo en el líquido. Por los experimentos llevados a cabo por Osborne Reynolds, las fuerzas inerciales están dadas en función de la densidad del líquido, el diámetro del tubo y la velocidad promedio del líquido; las fuerzas viscosas están dadas en función de la viscosidad del líquido. El número de Reynolds (NRe) está definido como la relación de la fuerzas inerciales y viscosas en un fluido. Este número permite conocer la energía que se disipa por efecto de fuerzas viscosas. Valores menores o iguales a 2100 en el número de Reynolds indican un flujo laminar, entre 2100 y 4000 sería un flujo de transición y mayor a 4000 indica que el flujo es turbulento [3].

El flujo de un fluido dentro de un sistema de tuberías desarrolla un perfil de velocidad. Del mismo modo, se desarrolla un perfil de temperatura a medida que el líquido fluye por la tubería. Este perfil de temperatura se desarrolla debido a que el contacto del fluido con las paredes de la tubería alcanza la temperatura de la pared, estableciéndose un gradiente de temperatura y desarrollándose una capa límite de temperatura ver figura 1.

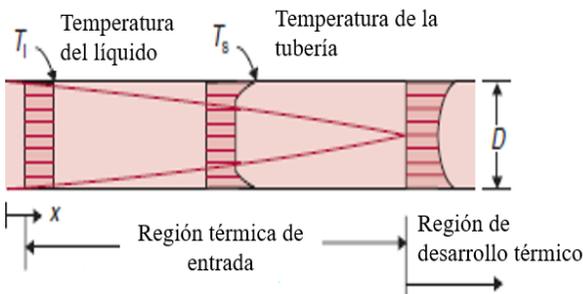


Figura 1. Región térmica de entrada para un líquido fluyendo en una tubería.

Al final de la región térmica de entrada, la capa límite se extiende a lo largo del eje central de la tubería. Por lo tanto, cuando se calienta o enfría un fluido al pasar por una tubería, se desarrollan dos capas límites, una hidrodinámica y otra térmica. Estas capas tienen una gran influencia en la tasa de transferencia de calor entre la superficie de la tubería y el fluido. Mediante un acercamiento empírico, se puede determinar esta tasa de transferencia de calor convectivo haciendo uso de los números de Reynolds, descrito anteriormente, Nusselt y Prandtl. El número de Nusselt (NNu) es un número adimensional para la tasa de transferencia de calor causada por convección sobre la conducción. El número de Prandtl (NPr) describe el espesor de la capa límite hidrodinámica, comparada con la capa térmica y se define como la relación entre la difusión molecular del momento y la difusión molecular del calor. Si $NPr = 1$, entonces el espesor de la capa hidrodinámica y térmica límite son iguales, pero si $NPr \ll 1$ entonces la difusión molecular del calor será más grande que la del momento, por lo que el calor se disipará más rápido [3].

El número de Fourier (NFo) caracteriza la conducción de calor. Conceptualmente, es la relación entre la velocidad de la conducción de calor y la velocidad del almacenamiento de energía. El número de Biot (NBi) es usado para realizar cálculos de transmisión de calor. Este número establece la relación de transferencia de calor por conducción en la materia, así como también la transferencia de calor por convección en la superficie de esta.

2. Metodología

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo del Proceso para crear las muestras que se estudiarán y sus propiedades.

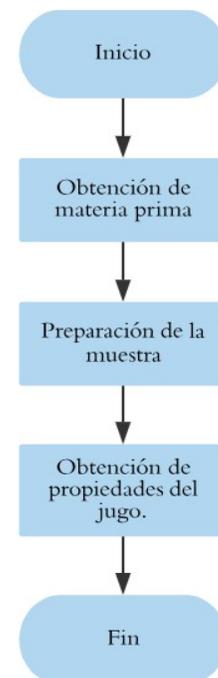


Figura 2. Diagrama de flujo.

2.1 Obtención de la materia prima

El jugo de zanahoria se obtuvo triturando la zanahoria en una licuadora para posteriormente colar el zumo, evitando que queden partículas grandes. El jugo de naranja es extraído de la naranja primeramente cortando la naranja en dos y extrayendo las semillas que puedan encontrarse, para luego exprimir la fruta y colar el zumo.

2.2 Preparación de la muestra

Preparación del jugo de zanahoria con naranja y carboximetil celulosa ver figura 3 y figura 4.

- Se agrega 20 ml de jugo de naranja y 20 ml de jugo de zanahoria a una probeta de 100 ml, colocar los 40 ml de jugo de naranja con zanahoria en un vaso químico de 100 ml.

- Medir 25 ml de agua en una probeta de 100 ml.
- Calentar los 25 ml de agua en una olla hasta 80 °C.
- Añadir 0.08 g de carboximetil celulosa al agua.
- Agitar hasta disolver todas las partículas del CMC.
- Añadir la disolución de CMC al jugo de naranja con zanahoria.
- Agitar.

2.3 Preparación del jugo de zanahoria con naranja y goma xantana

- Se agrega 20 ml de jugo de naranja y 20 ml de jugo de zanahoria a una probeta de 100 ml, colocar los 40 ml de jugo de naranja con zanahoria en un vaso químico de 100 ml.
- Medir 25 ml de agua en una probeta de 100 ml.
- Calentar los 25 ml de agua en una olla hasta 80 °C.
- Añadir 0.3 g de goma xantana al agua ver figura 5.
- Agitar hasta disolver todas las partículas de la goma xantana.
- Añadir la disolución de la goma al jugo de naranja con zanahoria.
- Agitar ver figura 6.

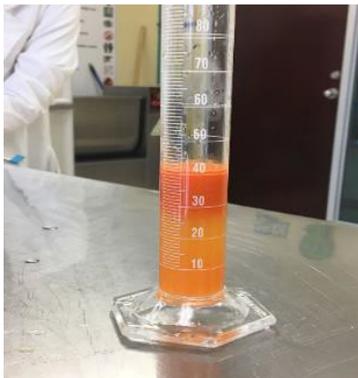


Figura 3. Jugo de zanahoria con naranja sin aditivos.



Figura 4.: Carboximetil celulosa (CMC).



Figura 5. Goma Xantana.

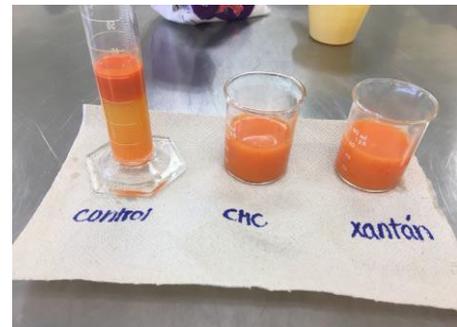


Figura 6. Muestras del jugo de naranja con zanahoria.

2.4 Propiedades del jugo de naranja con zanahoria

Densidad:

- Pesar el líquido en una balanza.
- Dividir el peso del jugo entre su volumen (65 ml)

Viscosidad:

- Medir el radio de la esfera (utilizar un vernier).
- Vertir el líquido a una probeta de 25 ml.
- Dejar caer la esfera en el líquido contenido la probeta y determine el tiempo requerido.
- para que la esfera se desplace entre dos puntos de distancia conocida de la probeta.
- Determinar la velocidad de la esfera dividiendo el desplazamiento entre el tiempo medido.
- Utilizar la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{2(PS-P1)ga^2}{9v} \quad (1)$$

3. Resultados

En la tabla 1 se presentan los resultados de pruebas fisicoquímicas aplicadas al jugo de naranja-zanahoria para determinar el contenido nutricional. Estos resultados son iguales para ambas muestras (CMC y xantán), pues los estabilizantes no representan una adición calórica significativa.

Tabla 1. Contenido nutricional

Macronutriente	Porcentaje (%)
Carbohidratos (XH)	10.2
Proteínas (XP)	1.0
Grasas (XF)	0.25
Cenizas (XA)	0.75
Agua (XW)	87.8

A partir de estos resultados, se calcula el calor específico (Cp) y (K), mediante las ecuaciones:

Número de Biot: conductividad superficial

$$K=0.25X_h+0.155X_p+0.16X_r+0.135X_a+0.58X_w \quad (2)$$

$$C_p=1,424X_h+1.549X_p+1.675X_r+0.837X_a+4.187X_w \quad (3)$$

Los resultados fueron los siguientes:

$$C_p=3.85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \text{y} \quad K=0.54 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Mediante métodos de volumetría y gravimetría y el método de la bola que cae, se determinó la densidad y viscosidad del jugo con goma xantana y CMC, presentadas en la tabla 2:

Tabla 2. Densidad y viscosidad de jugos con goma xantana

Propiedad	Xantana	CMC
Densidad (kg/m ³)	861.54	876.92
Viscosidad (Pa*s)	0.070	0.064

A partir de los datos de las tablas 1 y 2, se calculan propiedades de los fluidos a partir de los números adimensionales. Los resultados se muestran en la tabla 3:

Número de Reynolds: determina fuerza inercial y viscosa de un fluido.

$$N_{Re} = \rho * v * L \mu \quad (4)$$

Número de Prandtl: convección forzada y natural

$$N_{Pr} = \mu * C_p K \quad (5)$$

Número de Nusselt: coeficiente de conductividad

$$N_{Nu} = 2 + 2.82 \times 10^{-3} * N_{Re}^{1.16} * N_{Pr}^{0.89} \quad (6)$$

h: coeficiente de transferencia de calor

$$h = N_{Nu} * K D_c \quad (7)$$

donde Dc: 0.25 mm

Número de Fourier: transferencia de calor

$$N_{FO} = \alpha * t r^2 \quad (8)$$

Donde,

$$\alpha = k_p * C_p \text{ (m}^2\text{/s)}$$

Número de Biot: conductividad superficial

$$N_{BI} = h * L K \quad (9)$$

Tabla 3. Números adimensionales

Número	CMC	Xantán
Reynolds	0.34	0.31
Prandtl	0.46	0.50
Nusselt	2.00	2.00
Biot	40.01	40.01
h	4320.87	4320.84
α	1.60E-07	1.63E-07

Con la gráfica de temperaturas a continuación, se saca el perfil de temperaturas utilizando el Número de Froude (7) y un rango de tiempo en (s). A partir de este dato, se obtiene la temperatura de muerte térmica, presentados en las tablas 4 y 5.

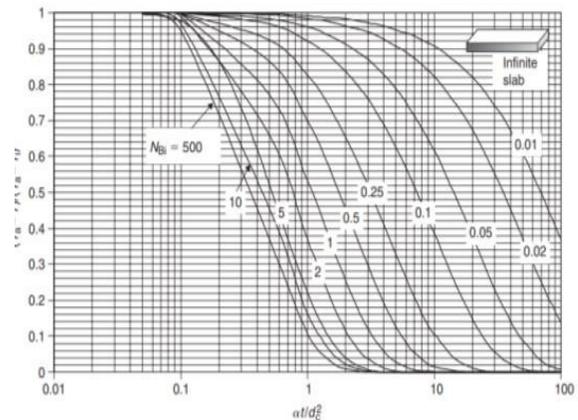


Figura 7. Gráfica del comportamiento del número de Froude.

A partir de datos experimentales, se obtienen valores de tiempo de reducción decimal (D) y grados de reducción de carga bacteriana (z) para el E. coli. Con esto, se determina el factor F de muerte térmica, mediante la ecuación

Donde

El número de Froude se calcula con la fórmula:

$$N_{fr} = t * \alpha L^2 \quad (10)$$

Tabla 4. Cálculo de la temperatura del tubo de retención para Xantan

Tiempo (s)	Nfo	Proporción de temperatura	Temperatura (°C)
0	0.000	1	40
20	0.130	0.92	46.8
40	0.260	0.7	65.5
60	0.391	0.48	84.2
80	0.521	0.4	91
100	0.651	0.25	103.75
120	0.781	0.18	109.7
140	0.912	0.13	113.95
160	1.042	0.1	116.5
180	1.172	0.09	117.35
200	1.302	0.06	119.9

Tabla 5. Cálculo de la temperatura del tubo de retención para CMC

Tiempo (s)	Nfo	Proporción de Temperatura	Temperatura (°C)
0	0.000	1	40
20	0.128	0.94	45.1
40	0.256	0.62	72.3
60	0.384	0.55	78.25
80	0.512	0.48	84.2
100	0.640	0.31	98.65
120	0.768	0.2	108
140	0.896	0.15	112.25
160	1.024	0.1	116.5
180	1.152	0.09	117.35
200	1.280	0.054	120.41

A partir de datos experimentales se obtienen valores de tiempo de reducción decimal (D) y grados de reducción de carga bacteriana (z) para el *E. coli*.

Con esto, se determina el factor F de muerte térmica, mediante la ecuación 11.

$$F = 12 * D_{121} \quad (11)$$

Donde
 D = 1.665 s
 Z = 10°C
 Por lo tanto:
F = 19.98 s

Luego, se determina la letalidad, a partir de las temperaturas calculadas en la tabla 4 y 5. Utilizando la fórmula 12:

$$Lr = 10^{(T-121)/z} \quad (12)$$

D = 1.665 s Z = 10°C

Por lo tanto:

$$F = 19.98 s$$

Luego, se determina la letalidad, a partir de las temperaturas calculadas en la tabla 4 y 5. Utilizando la fórmula 12:

$$Lr = 10^{(T-121)/z} \quad (12)$$

Tabla 6. Determinación de la letalidad a diferentes tiempos para mezcla con goma xantán

t (s)	T(°C)	LR
0	40	7.94E-09
20	46.8	3.80E-08
40	65.5	2.82E-06
60	84.2	0.0002
80	91	0.0010
100	103.75	0.02
120	109.7	0.07
140	113.95	0.20
160	116.5	0.35
180	117.35	0.43

Tabla 6. Determinación de la letalidad a diferentes tiempos para mezcla con CMC

t(s)	T(°C)	LR
0	40	7.94E-09
20	45.1	2.57E-08
40	72.3	1.35E-05
60	78.25	5.31E-05
80	84.2	0.00
100	98.65	0.01
120	108	0.05
140	112.25	0.13

Para calcular la Letalidad (L) se aplica la fórmula 12:

Donde LR < 1

(El último tiempo donde se aplique la condición, será tmáx)

L restante es el tiempo de letalidad añadido para cada proceso. Se determina con la fórmula 13:

$$L_{\text{restante}} = F - L \quad (13)$$

Por lo que es requerido encontrar el tiempo necesario a través de la fórmula 14:

$$T = L_{\text{restante}} \sum LR \quad (14)$$

Por lo que el tiempo total de residencia en el tubo será:

$$T_{\text{residencia}} = t_{\text{máx}} + t \quad (15)$$

T=(min)

Se aplicará un caudal de 1.5 Litros/hora, por lo que se aplica la fórmula:

$$\bar{u} = Q / \pi r^2 \quad (16)$$

\bar{u} =(metros/min)

Al ser un flujo laminar, se utiliza:

$$\bar{u} = \bar{u}0.5 \quad (17)$$

\bar{u} =(metros/min)

Por último, para determinar la longitud del tubo de retención, se aplica:

$$\text{Longitud} = \bar{u} \cdot t \text{ residencia} \quad (18)$$

Tabla 8. Determinación de la longitud del tubo de retención para mezcla con goma xantán

L (s)	12.92
Restante (s)	7.06
T Adicional (s)	10.92
T Residencia (s)	171
T Residencia (min)	2.8
Caudal (m3/h)	1.50
U (m/h)	190.99
U (m/min)	3.18
u laminar (m/min)	6.37
L tubo (m)	18.13

Tabla 8. Determinación de la longitud del tubo de retención para mezcla con CMC

L (s)	19.52
Restante (s)	0.46
T Adicional (s)	0.47
T Residencia (s)	180
T Residencia (min)	3.0
Caudal (m3/h)	1.5
U (m/h)	190.99
U (m/min)	3.18
u laminar (m/min)	6.37
L tubo (m)	19.15

Análisis de resultados

Tanto con la goma xantán como con el carboximetil celulosa (CMC), se consiguió la homogenización de la mezcla de naranja y zanahoria. Ambos presentan texturas y colores similares. La diferencia entre las densidades y viscosidades es bastante cercana.

Al momento de realizar los cálculos para el tubo de retención, para el producto estabilizado con goma xantán, el tiempo de residencia y la longitud del tubo son menores, a pesar de que su viscosidad es mayor que la muestra con CMC, lo que indica que el aumento de la viscosidad implica una menor longitud del aparato. Sin embargo, es importante considerar factores como muerte térmica y las propiedades organolépticas para esta medida, pues un tubo muy corto implicaría un mayor tratamiento de calor para conseguir la esterilización, y así posibles daños en el producto o la maquinaria por las temperaturas muy elevadas.

4. Conclusiones

- Dependiendo del tamaño o longitud del tubo, podemos concluir que de esto depende la calidad del jugo, ya que si el tubo es muy extenso, el jugo podría perder gran parte de sus propiedades.
- A través de los números adimensionales podemos calcular la longitud del tubo de retención que es utilizado para la producción de un jugo.
- Añadiendo los dos tipos de aditivos alimentarios (CMC y goma xantán), pudimos lograr el homogenizado de los jugos y la mejora de la textura.
- Se debe tener en cuenta que, al tener un fluido muy viscoso, este no podría pasar fácilmente por el tubo de retención y podría causar pérdidas en las producción y daños en la maquinaria.

REFERENCIAS

- [1] Comisión del Codex Alimentarius (CAC). (1995). Última revisión 2016). Norma General para Aditivos Alimentarios. Recuperado de: http://www.fao.org/gsfaonline/docs/C_XS_192s.pdf
- [2] Comisión del Codex Alimentarius (CAC). (1989). Última enmienda 2015). Nombres Genéricos y Sistema Internacional de Numeración de Aditivos Alimentarios. Recuperado de: www.fao.org/input/download/standards/13341/CXG_036s_2015.pdf
- [3] Singh, P., Heldman, D., (2009), Introduction to Food Engineering, (País), Elsevier. Chapter 2: Fluid Flow in Food Processing, page 67. Chapter 4: Heat Transfer in Food Processing, pages 285 – 287

Estrategia de prevención de colisiones en 3D para colaboración segura hombre-robot, usando el Kinect

3D collision prevention strategy for safe man-robot collaboration, using the Kinect

Alessandro Saffioti^{1*}, Felipe Pan², Humberto Rodríguez¹

¹Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica, ²Ingeniería Aeronáutica, Facultad de Ingeniería Mecánica, ^{1,2}Universidad Tecnológica de Panamá.

Resumen Actualmente el uso de robots en la industria de manufactura requiere que el operador se separe del mismo mediante vallas o barreras físicas por temas de seguridad. El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema que le permita a las personas interactuar con un brazo robótico, en un mismo espacio de trabajo, de forma segura, al prevenir colisiones en tiempo real mediante la identificación y localización de la persona (operador o usuario) dentro del área de trabajo referenciado a partir del robot. Usualmente la segmentación de objetos en una imagen se hace a partir de diferencia de colores. Si se muestran múltiples objetos que poseen el mismo color, no se podrá segmentar la imagen utilizando solamente la información de este. Por este motivo, se introduce como información adicional, la profundidad, para descartar objetos que no están en el mismo plano de los objetos de interés. Esta es la razón por la cual se plantea la solución del problema con la ayuda de las imágenes de color y de profundidad proporcionadas por el sensor Kinect.

Palabras clave *Bounding box*, detección de colisiones, diferencias finitas, imagen de profundidad, imagen RGB, Kinect, MATLAB, matrices de transformación homogénea, parámetros de Denavit-Hartenberg, segmentación de imágenes.

Abstract Currently the use of robots in the manufacturing industry requires the operator to separate from it by means of fences or physical barriers for safety reasons. The objective of this work is to develop a system that allows people to interact with a robotic arm, in the same workspace, safely, by preventing collisions in real time by identifying and locating the person (operator or user), within the work area referenced from the robot. Usually the segmentation of objects in an image is done based on color difference. If multiple objects that have the same color are displayed, you cannot segment the image using only the information in the image. For this reason, depth is entered as additional information to discard objects that are not in the same plane as the objects of interest. This is the reason why the solution of the problem arises with the help of the color and depth images provided by the Kinect sensor.

Keywords *Bounding box*, collision detection, finite differences, depth image, RGB image, Kinect, MATLAB, homogeneous transformation matrices, Denavit-Hartenberg parameters, image segmentation.

*Corresponding author: alessandro.saffioti@utp.ac.pa

1. Introducción

La detección de colisiones es un tema de gran importancia en cualquier ambiente industrial que aplique la robótica. Los errores de programación, eventos inesperados u objetos mal posicionados pueden llevar a la colisión, si se basan en datos previamente provisionados del área de trabajo. El uso de sensores puede presentar una solución para que se puedan usar robots en un mismo espacio de trabajo con personas, pero esta solución presenta numerosos desafíos. La obstrucción del área

de trabajo por equipo, personas y demás puede interferir con los sensores para que perciban completamente el espacio.

Actualmente, el uso del robot en la industria requiere que la persona se separe por completo del mismo por vallas o barreras físicas. Ya que en la industria se utilizan robots de grandes dimensiones y de rápido movimiento, estos pueden provocar lesiones corporales graves e incluso la muerte; que limitan los movimientos del operador cuando trabajan en conjunto. La separación entre robots y operadores garantiza la seguridad, pero esta práctica es ineficiente por diferentes razones. El área de trabajo del robot puede ocupar mucho

espacio, inclusive si solo se utiliza una pequeña porción de esta. Por lo general, la operación del robot debe detenerse para que el operador pueda entrar en la zona de trabajo, ya sea para dejar o retirar material, lo cual se traduce en pérdidas de dinero, espacio y tiempo de producción [1].

Para solucionar el problema, proponemos el uso del sensor Kinect y un programa, cuya versión de prueba está desarrollada en MATLAB, para calcular en tiempo real si hay alguna interferencia entre el operador y, en este caso, al robot Nachi MZ04.

2. Antecedentes

La interacción segura entre humanos y robots ha sido extensamente estudiada desde el principio de la robótica. Los métodos existentes pueden ser clasificados en enfoques pre-colisión y post colisión. El método del enfoque pre colisión intenta prevenir la colisión, detectándolo de ante mano. Este método incluye sensores de proximidad montados en el robot o en el entorno. El método del enfoque post colisión detecta una colisión cuando ocurre y trata de reducir los daños resultantes. Los métodos en esta categoría detectan las colisiones a partir de sensores de fuerza y torque en el robot, limitando las fuerzas y la velocidad de las articulaciones del robot. Ninguno de los métodos post colisión previene la colisión, lo que los hace ineficientes en los sistemas de seguridad [1].

Independientemente la aplicación de la seguridad en robots, el problema de detectar y rastrear personas ha sido estudiado extensamente en el campo de visión [1]. Los métodos de visión usando cámaras funcionan bastante bien cuando las personas están bien separadas, sin obstrucciones y en posiciones neutras. Los sensores 3D pueden detectar personas en poses arbitrarias y el hardware del Kinect ha probado ser bastante confiable para la estimación de la posición de las personas [2], [3].

Muchos de los métodos anteriormente presentados aún no han sido adoptados por las industrias. La industria robótica logra, generalmente, un entorno seguro a través de separaciones como barreras físicas.

3. Formulación del problema

Si se dispone previamente de la trayectoria que seguirá el robot y la coordenada final del actuador, se puede determinar las posiciones de las articulaciones restantes a través de los parámetros de Denavit-Hartenberg (D-H) y la cinemática inversa.

Para lograr un entorno seguro y que los operadores puedan interactuar con los robots, se debe monitorear constantemente la zona de trabajo. Esto se logra con el Kinect, el cual con un arreglo de haces infrarrojos detecta los cuerpos dentro del área

de interés. A partir de los datos captados por el Kinect, se procede a segmentar la imagen e identificar entre los cuerpos, cual pertenece al robot y al operador. Con la información obtenida se crea un *bounding box* alrededor de los brazos del operador.

La forma propuesta para detectar si existe intercepción entre el robot y el operador es calcular la distancia más pequeña entre los *bounding boxes*: si esta distancia es menor a un valor establecido bajo los criterios propuestos en la investigación, se manda una señal al robot para que detenga o reduzca la velocidad de ejecución de los movimientos del robot y así evitar la colisión.

4. Kinect y conexión con MATLAB

El Kinect figura 1, es un sensor de movimiento que fue primeramente diseñado para los videojuegos, pero al que se le han encontrado muchas otras aplicaciones. Está compuesto por un sensor de profundidad 3D, una cámara RGB y un arreglo de cuatro micrófonos. El Kinect proporciona, en tiempo real, información RGB-profundidad a 30Hz con una resolución de 640 x 480 pixeles. Posee una vista angular de 57° horizontalmente y 43° verticalmente. El rango de profundidad oscila entre los 80 cm y 400 cm [2].



Figura 1. Kinect.

La información proporcionada por el Kinect puede ser adquirida en una computadora al descargar la versión adecuada de los drivers del Kinect (KinectSDK y KinectDeveloperToolkit). Adicionalmente, la comunicación del Kinect con la computadora se dificulta si se tiene alguno de los Kinect para Xbox, ya que estos no están diseñados con este propósito. Se necesita un cable que hace de fuente de alimentación y entrega la diferencia de voltaje necesaria para operar correctamente [4].

Por el motivo de que se ha utilizado ampliamente el Kinect en aplicaciones de visión y robótica, se le ha dado soporte en MATLAB (desde la versión 2013^a en adelante) con el *Image Acquisition Toolbox Support Package for Kinect*.

5. Metodología

5.1 Cinemática inversa

La cinemática inversa resuelve la configuración que debe adoptar el robot para una posición y orientación del extremo

conocidas. El método para encontrar los ángulos de articulación requeridos para colocar la matriz de transformación homogénea {T} relativa al robot {B} se divide en dos partes [5]:

- Obtener las matrices de transformación homogéneas que relacionan la posición de la muñeca {S₆} con respecto a la posición de la base {S₀}.
- Realizar el procedimiento de cinemática inversa para resolver los ángulos de articulación.

En robótica la forma para describir la relación que existe entre dos elementos contiguos se realiza con los parámetros de D-H.

Así, asociando a la base del robot un sistema de referencia fijo (OXYZ) y al extremo un sistema de referencia que se mueva con él, se localizan los sistemas de referencias de cada una de las articulaciones del robot figura 2. Posteriormente, se determinan los parámetros D-H, con los que se construye la tabla 1.

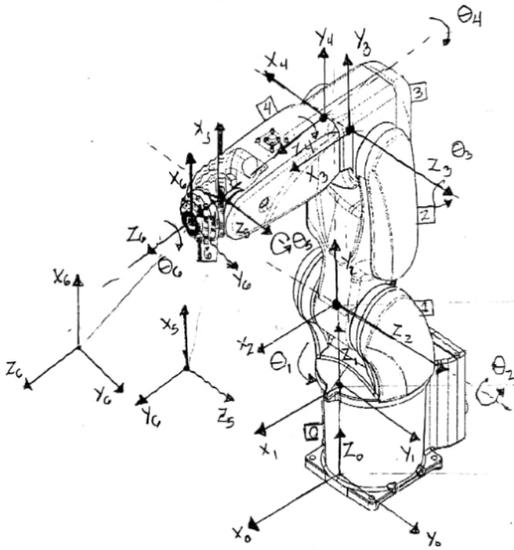


Figura 2. Ejes de referencia para el robot Nachi MZ04.

Tabla 1. Parámetros de D-H del robot. Fuente: Elaboración propia

Articulación	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	q1	d1	0	0
2	q2	d2	0	90
3	q3	0	a3	0
4	q4	0	0	90
5	q5	d5	0	90
6	q6	d6	0	0

A cada eslabón se le puede asociar un sistema de referencia solidario a él y, utilizando las transformadas homogéneas, es posible representar las rotaciones y traslaciones relativas entre los distintos eslabones que componen al robot. Así se tiene que

la posición y orientación del eslabón final vendrá dada por la matriz T.

$$T = {}^0B {}^1B {}^2B {}^3B {}^4B {}^5B {}^6B = {}^0B \quad (1)$$

$$T = \begin{bmatrix} (ab) + (cd) & (gb) + (hd) & 0 & (ib) + (jd) \\ (ae) + (cf) & (ge) + (hf) & 0 & (ie) + (jd) \\ 0 & 0 & 1 & k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde:

$$\begin{aligned} a &= (C_1C_2 - S_1S_2)(C_3C_4 - S_3S_4) + (-C_1S_2 - S_1C_2)(S_5C_6 + C_5S_6) \\ b &= (C_5C_6 - S_5S_6) \\ c &= (S_1C_2 + C_1S_2)(C_3C_4 - S_3S_4) + (-S_1S_2 + C_1C_2)(S_3C_4 + C_3S_4) \\ d &= (-C_5S_6 - S_5C_6) \\ e &= (S_5C_6 + C_5S_6) \\ f &= (-S_5S_6 + C_5C_6) \\ g &= (C_1C_2 - S_1S_2)(-C_3S_4 - S_3C_4) + (C_1S_2 - S_1C_2)(-S_3S_4 + C_3C_4) \\ h &= (S_1C_2 - S_1S_2)(-C_3S_4 - S_3C_4) + (C_1S_2 - S_1C_2)(-S_3S_4 + C_3C_4) \\ i &= (C_1C_2 - S_1S_2)(-S_3d_3) + (-C_1S_2 - S_1C_2)(C_3d_3) \\ j &= (S_1C_2 + C_1S_2)(-S_3d_3) + (-S_1S_2 + C_1C_2)(C_3d_3) \\ k &= (d_1 + d_2) + (d_4) \end{aligned} \quad (3)$$

Si se tiene la relación $r_{xyz} = T r_{uvw}$ y se multiplica en ambos miembros por T^{-1} , se tiene: $T^{-1} r_{xyz} = r_{uvw}$ por lo que se deduce que las vectores filas de la sub-matriz de rotación de la matriz T (vectores columna de la sub-matriz de rotación de T^{-1}), representan los ejes principales del sistema de coordenadas de referencia OXYZ con respecto a O'UVW [1].

$$[{}^0B]^{-1} T = {}^1B {}^2B {}^3B {}^4B {}^5B {}^6B = {}^1B \quad (4)$$

De las 12 relaciones establecidas en la ecuación cuatro (4) interesan aquellas que expresan q1 en función de constantes para luego poder calcular los demás ángulos.

5.2 Resolución de sistemas de matrices homogéneas

Las coordenadas homogéneas son la representación de la posición en el espacio de un sólido con (n+1) dimensiones, de tal forma que un vector p (x, y, z) vendrá representado por p (w x, w y, w z, w), donde w tiene un valor arbitrario y representa un factor de escala; si en cambio, w es igual a 0 es una dirección [6].

$$p = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} aw \\ bw \\ cw \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

A partir de la definición de las coordenadas homogéneas, surge inmediatamente el concepto de matriz de transformación homogénea. Se define como matriz de transformación homogénea T a una matriz de dimensión 4x4 que representa la transformación de un vector de coordenadas homogéneas de un sistema de coordenadas a otro [5].

$$T = \begin{bmatrix} R_{3 \times 3} & p_{3 \times 1} \\ f_{1 \times 3} & w_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rotacion & Traslacion \\ Perspectiva & Escalado \end{bmatrix} \quad (6)$$

Se puede considerar que una matriz homogénea se haya compuesta por cuatro sub-matrices de distinto tamaño: una sub-matriz $R_{3 \times 3}$ que corresponde a una matriz de rotación, una sub-matriz $p_{3 \times 1}$ que corresponde al vector de traslación, una sub-matriz $f_{1 \times 3}$ que representa una transformación de perspectiva y una sub-matriz $w_{1 \times 1}$ que representa un escalado global [5].

A partir del Kinect {A} se sacan dos matrices de transformación homogénea: una hacia el robot {B} y la otra hacia el operador {C} ver figura 3.

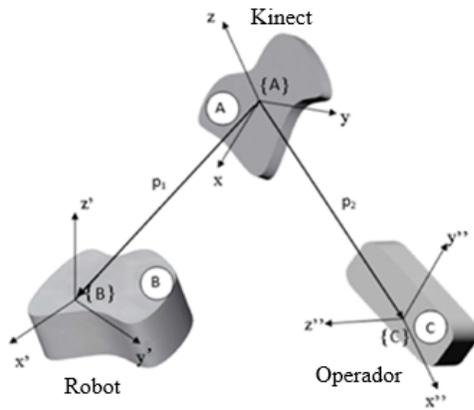


Figura 3. Conjunto de transformadas a partir del punto A. Fuente: Elaboración propia.

$${}^A_B T = Rotz(\theta)T(p_1) = \begin{bmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & x_1 \\ S\theta & C\theta & 0 & y_1 \\ 0 & 0 & 0 & z_1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$${}^A_C T = Rotz(\phi)T(p_2) = \begin{bmatrix} C\phi & -S\phi & 0 & x_2 \\ S\phi & C\phi & 0 & y_2 \\ 0 & 0 & 0 & z_2 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

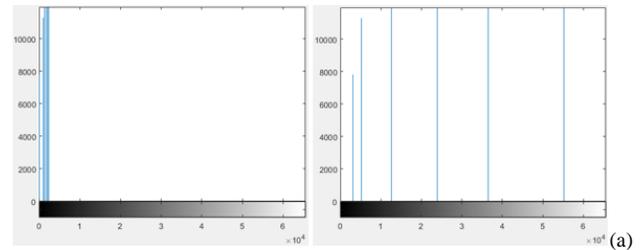
Donde la matriz de transformación homogénea hacia el robot (${}^A_B T$) se debe realizar para cada articulación y $p_1 \{x_1, y_1, z_1\}$ representa las distancias entre el Kinect y robot, $p_2 \{x_2, y_2, z_2\}$ representa las distancias entre el Kinect y el operador, θ representa la rotación del robot y ϕ representa la rotación del operador.

5.3 Segmentación de la imagen

Se logra la segmentación de imágenes con la ayuda de la información de profundidad proporcionada por el Kinect. Primeramente, se hace una ecualización en el histograma, para así corregir el bajo rango dinámico de la imagen [5].

Esto se puede apreciar en la figura 4 (a), en donde el histograma se concentra en la parte oscura de la escala de

grises. La imagen en la figura 4 (b) es el resultado de la ecualización del histograma, donde las mejoras en la intensidad promedio y contraste son bastante evidentes.



(b)

Figura 4. Ilustración de los histogramas, (a) Histograma de la imagen original, (b) Ecualización del histograma.

Una vez obtenida la imagen con el histograma ecualizado se descartan todos los valores que sobrepasan una cierta distancia donde no ocurre nada de interés figura 5. Con esta técnica se elimina el fondo y se segmenta con gran facilidad la imagen.

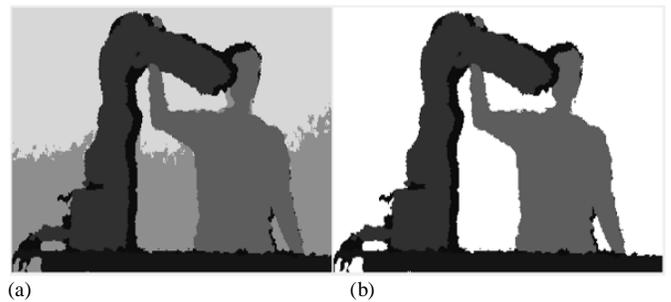


Figura 5. (a) Imagen de profundidad con la ecualización del histograma, (b) Segmentación de la imagen.

5.4 Identificación de la persona y el robot

La identificación de la persona y el robot se obtiene al transformar la imagen de color a una escala de grises y calcular la media de la imagen segmentada en la imagen de color figura 6. La lógica detrás de esta técnica es que las intensidades en los píxeles del robot son, en su mayoría, idénticos por lo que las medias de estos valores serán mayores que aquellos presentados por los píxeles que representen a la persona.

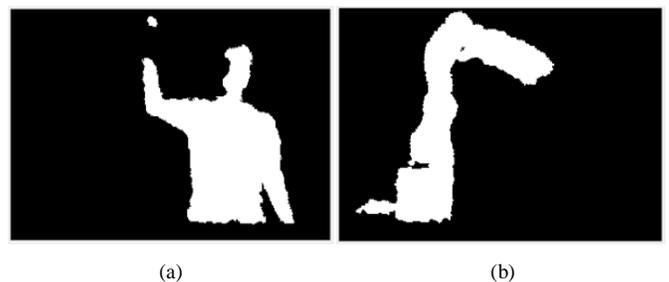


Figura 6. (a) Identificación de la persona (b) Identificación del robot.

5.5 Detección de colisiones

Para asegurarse que cualquier área en el espacio no pueda estar ocupada por más de un objeto, se necesita la detección de colisiones basada en la información geométrica del objeto.

El inconveniente con la detección de colisiones es que se debe probar con cada punto del objeto, lo cual resulta en un gran tiempo computacional y mucha capacidad de procesamiento. Una forma para solucionar este inconveniente es dividir el espacio, por ejemplo, en cubos y así solo se debe probar la colisión para los vértices de los cubos. Estos cubos son llamados *bounding boxes*.

En 2D si los vértices de los *bounding boxes* se superponen hay colisión, para corroborar tal enunciado en 3D se debe verificar la información de profundidad. Por lo que se crea un *bounding box* en la persona y en el robot figura 7. Para luego calcular la distancia mínima que existe entre los objetos de interés [6].

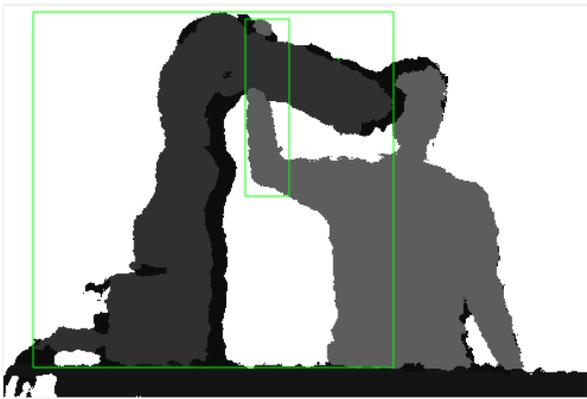


Figura 7. *Bounding box* alrededor del brazo de la persona y el robot.

Si los vértices de los *bounding boxes* de los dos objetos se representan por $\{(x_1, y_1, z_1), \dots, (x_m, y_m, z_m)\}$ y $\{(r_1, s_1, t_1), \dots, (r_m, s_m, t_m)\}$, la distancia mínima entre los objetos se representa por:

$$d = \min(\sqrt{(x_i - r_j)^2 + (y_i - s_j)^2 + (z_i - t_j)^2}) \quad (9)$$

La ecuación 9, es la distancia euclidiana; que, en geometrías euclidianas, representa la distancia más pequeña que existe entre dos puntos, en este caso, a través de un espacio en 3D.

Para facilitar el trabajo se hace la suposición de que el torso y la cabeza de la persona se pueden despreciar quedándose con los brazos.

5.6 Estimación de la posición y velocidad

En busca de mejorar los resultados anteriores se decide implementar un algoritmo para estimar la posición y velocidad del brazo de la persona. Esta práctica logra optimizar el código anterior en situaciones específicas como, por ejemplo: Si la

distancia entre el robot y el brazo de la persona es pequeña pero este último no se mueve, no es necesario detener el robot.

La derivada de una función tiene muchas aplicaciones, entre las cuales esta la determinación de la velocidad instantánea de una partícula o móvil a partir de su función de posición, por lo que, se emplea las diferencias finitas hacia atrás para calcular la velocidad del brazo de la persona en todo momento, utilizando la posición del *bounding box* como referencia.

$$f'(x) = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t} + \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t} + \frac{z_{i+1} - z_i}{\Delta t} \quad (10)$$

6. Resultados

6.1 Distancia obtenida

La distancia mínima calculada entre los *bounding boxes* de la persona y el robot, a través del programa escrito en MATLAB, es de 32.3 cm.

6.2 Tiempo de procesamiento

El tiempo de procesamiento con el tipo de resolución de imagen se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de procesamiento para la resolución estándar del Kinect

Resolución [pixel x pixel]	FPS [Hz]	Tiempo [segundos]
640 x 480	30	0.4811

El código se probó en el siguiente sistema:

- Software: MATLAB 2017^a
- OS: Microsoft Windows 10, 64 bits
- Hardware: NVIDIA GeForce GTX 650
- Procesador: Intel® Core(TM) i7-3770K CPU @ 3.50GHz (8 CPUs), ~3.5GHz

7. Conclusiones

Este documento presenta un sensor en tiempo real de un sistema que está diseñado para la seguridad de las personas que operan en zonas cercanas al área de trabajo de los robots en procesos industriales. Este está basado en el método de "*bounding box*" para la detección de objetos, cuyo objetivo fue trabajar con los vértices del área acotado por el cubo y no con la geometría propia del objeto analizado, con el propósito de ahorrar capacidad y tiempo de procesamiento computacional.

Con este método se calcula que la distancia entre los objetos es de 32.3 cm. También se calculó que el tiempo de procesamiento fue de 0.4811 segundos para realizar toda la operación.

Para calcular la distancia mínima entre distintos puntos de forma eficiente utilizando la ecuación euclidiana, los objetos

de interés deben estar separados por una distancia considerable entre ellos. Pero cuando esta distancia es pequeña y los vértices de los *bounding boxes* no representan la figura del objeto adecuadamente habrá un error considerable entre la distancia real y la distancia calculada. Esto se observa en la figura 7, donde el *bounding box* del robot ocupa mucho espacio. A medida que la distancia entre los objetos de interés se acorta, el error de medición se aumenta y, a manera inversa, mientras que la distancia aumenta, el error disminuye.

En el futuro se planteará la adquisición de datos por varios Kinect ya que, se podría presentar problemas al separar los objetos de interés si existe oclusión entre ellos. Además, se presentará en modo de comparación el uso de las redes neuronales para agilizar este procedimiento como también otras técnicas de detección de colisiones con mejores resultados, como lo es el filtro Kalman.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Humberto Rodríguez, jefe del Laboratorio Especializado en Análisis, Diseño y Simulación (LEADS), se le agradece por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo. Al igual que a todos los compañeros que ayudaron en

la elaboración del documento de una forma u otra, en especial a Javier Alexander Bernal.

REFERENCIAS

- [1] P. Rybski, P. Anderson-Sprecher, D. Huber, C. Niessl, R. Simmons. "Sensor Fusion for Human Safety in Industrial Workcells".
- [2] A. Abramov, K. Pauwels, J. Papon, F. Worgoteer & B. Dellen. "Depth-supported real time video segmentation with Kinect".
- [3] J. Hernández, A. Quintanilla, J. López, F. Rangel, M. Ibarra & D. Almanza. "Detecting objects using color and depth segmentation with Kinect sensor".
- [4] S. E. Bernal Saira. "Sistema para el análisis cinemático de la marcha humana usando técnicas de procesamiento de imágenes". Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Panamá, 2016.
- [5] John J. Craig. "Robótica", tercera edición, Pearson Education.
- [6] A. Barriento, L. F. Peñin, C. Balaguer, R. Aracil. "Fundamentos de Robótica", segunda edición, Distribuidora Mc GrawHill.
- [7] R. Gonzalez, R. Woods & S. Eddins. Digital Image Processing using MATLAB. Pearson Prentice Hall, vol. 2, pp. 81-83.
- [8] F. Gong, B. Gao & Q. Niu. "An Algorithm for Rapidly Computing the Minimum Distance between two Objects Collision Detection".

RIC

REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

JOURNAL of UNDERGRADUATE RESEARCH

Volumen 6 - N.º 1 . Enero - Junio 2020 P-ISSN 2412-0464 E-ISSN 2413-6786

Directora de la Revista

Dra. Casilda Saavedra

Editora de la Revista

Dra. Casilda Saavedra

Revista Editada por la Dirección de Investigación

Dr. Orlando A. Aguilar

Coeditores y coordinadores

Ing. Ernesto Martínez

Dirección de Investigación, UTP

Ing. Rita Rodríguez

Dirección de Investigación, UTP

Comité Editorial

Dr. Ignacio Chang

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Dr. Humberto Álvarez

Facultad de Ingeniería Industrial

Dr. José Rangel

Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales

Prof. Tatiana Salgado

Facultad de Ciencia y Tecnología

Dr. Arthur James

Facultad de Ingeniería Mecánica

Ing. Matías Carrera

Facultad de Ingeniería Civil

Mgtr. Danny Murillo

Repositorio Institucional de Documentos Digitales de Acceso Abierto

Equipo técnico y proyección internacional - UTP

Ing. Danny Murillo

Ing. Dalys Saavedra

Dirección de Comunicaciones Estratégicas

Mgtr. Danilo Toro
Director

Ing. Libia Batista
Editorial Universitaria

Diseño y diagramación
Sección de Diseño Gráfico

Lcda. Shirley Cedeño
Imprenta

Autoridades

Ing. Héctor Montemayor Á.
Rector

Lic. Alma Urriola de Muñoz
Vicerrectora Académica

Dr. Alexis Tejedor de León

Vicerrector de Investigación, Postgrado y Extensión

Mgtr. Mauro Desto Stimamiglio

Vicerrector Administrativo

Mgtr. Ricardo Reyes

Secretario General

Ing. Brenda Serracín de Álvarez

Coordinadora General de los Centros Regionales

Decanos

Dr. Martín Candanedo

Facultad de Ingeniería Civil

Ing. Gabriel Flores Barsallo

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Dr. Israel Ruiz

Facultad de Ingeniería Industrial

Dr. Julio A. Rodríguez B.

Facultad de Ingeniería Mecánica

Dr. Clifton E. Clunie B.

Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

Mgtr. Juan González

Facultad de Ciencias y Tecnología

Directores de Centros de Investigación

Dr. Ramiro Vargas

Centro Experimental de Ingeniería

Dr. José Fábrega

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas

Dr. Félix Henriquez

Centro de Investigación e Innovación Eléctrica,
Mecánica y de la Industria

Dr. Wedleys Tejedor

Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales

Dr. Ramfis Miguelena

Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de
la Información y Telecomunicaciones

RIC: Revista de Iniciación Científica = Journal of undergraduate
Research.
Vol. 6, No. 1 (Enero - Junio 2020) - Panamá: Edición Tecnológica,
2020

V.; 27 cm
Semestral
P-ISSN-2412-0464
E-ISSN-2413-6786

1. Universidad Tecnológica de Panamá
2. Investigaciones - Publicaciones seriadas
3. Investigación y desarrollo.



Universidad Tecnológica de Panamá

Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP

Bienvenido al Portal de Revistas Académicas (Investigación, Académica, Cultural, Congresos Nacionales e internacionales) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Este sitio nace como una iniciativa del proyecto UTP-Ridda² para mostrar la producción científica e investigativa desarrollado por los docentes, investigadores y estudiantes de la UTP. Este proyecto es desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Editorial Universitaria y la Dirección de Comunicación Estratégica, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.

El objetivo de esta plataforma es visibilizar la producción científica en las revistas científicas en vías de mejorar el alcance de las publicaciones a nivel nacional e internacional a través de la integración en directorios, bases de datos, catálogos e indexaciones.

A partir del 2018 las publicaciones de los volúmenes de las revistas I+D Tecnológico, Prisma Tecnológico y la Revista de Iniciación Científica (RIC) se les asignará un DOI (Digital Object Identifier).



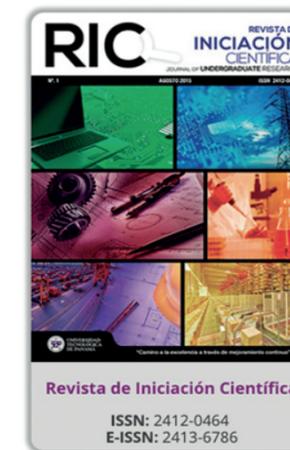
I+D Tecnológico

ISSN: 1680-8894
E-ISSN: 2219-6714



Prisma Tecnológico

ISSN: 2076-8133
E-ISSN: 2312-637X



Revista de Iniciación Científica

ISSN: 2412-0464
E-ISSN: 2413-6786



Revista RETOS XXI

ISSN: 2524-1125
E-ISSN: 2524-1133



El Tecnológico

ISSN: 1819-9623
E-ISSN: 1819-9623

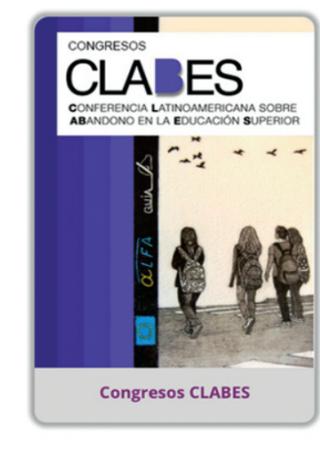


Cultural Maga

ISSN: 1018-1563
E-ISSN: 1018-1563



Memorias de Congresos UTP



Congresos CLABES

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas