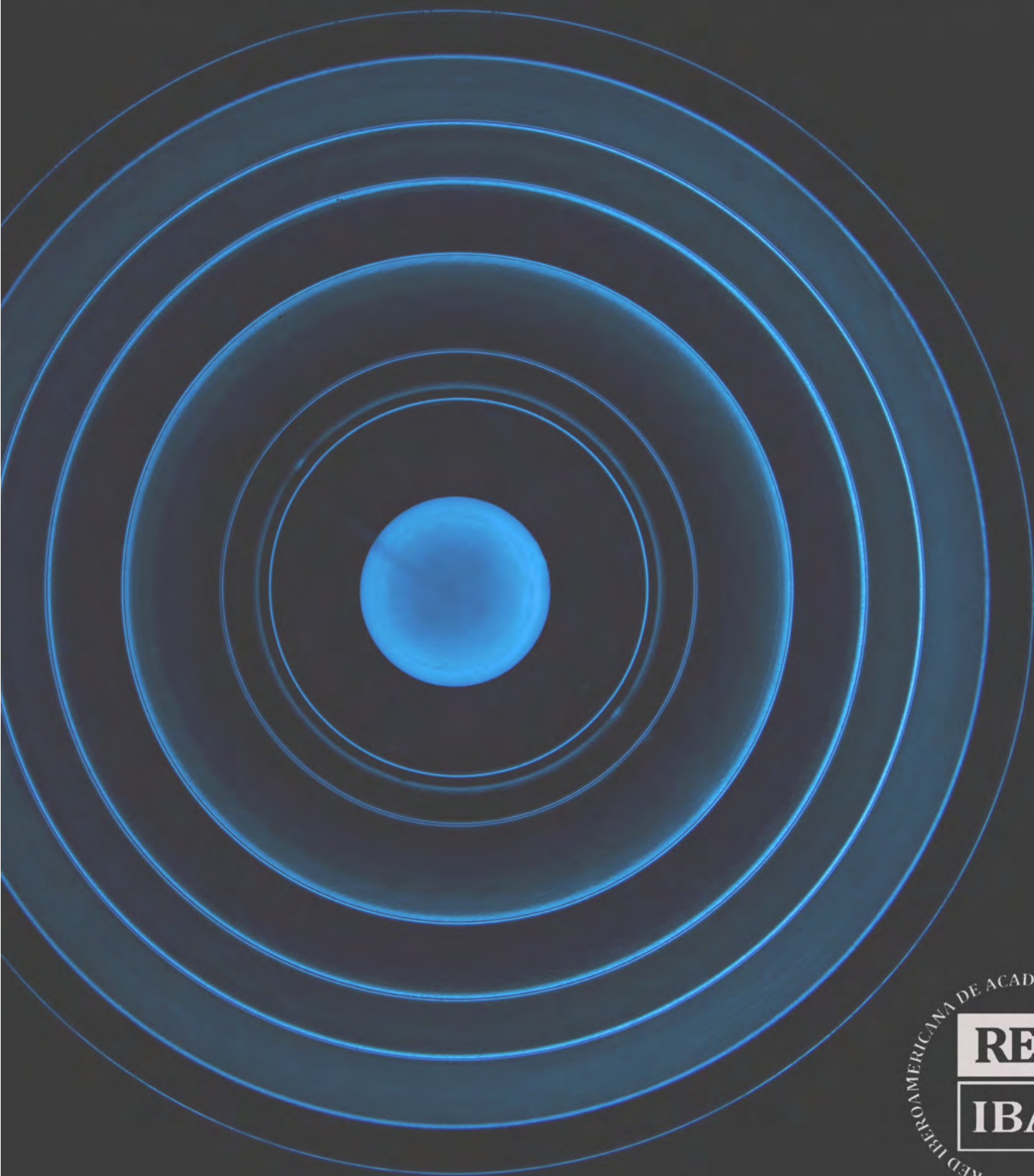


INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

AVANCES Y APLICACIONES



INNOVACIÓN TECNOLÓGICA AVANCES Y APLICACIONES

AUTORES

ADAME GARCÍA JACEL, ARENAS DEL ÁNGEL JORGE LUIS, ARENAS DEL ÁNGEL MARÍA DEL CARMEN, BALTAZAR CASAS FERNANDO, BALTAZAR CASAS RUBÉN, BEDOLLA HERNÁNDEZ JORGE, BEDOLLA HERNÁNDEZ MARCOS, CABRERA MIRELES HÉCTOR, Cerdán Valdés Pamela Lizatte, Cortés Rodríguez Luis Gabriel, DEL ÁNGEL RAMOS JORGE ARTURO, DÍAZ CAB GERARDO MAURICIO, FERNÁNDEZ VIVEROS JOSÉ ANTONIO, FLORES LARA VICENTE, GARCÉS BÁEZ ALFONSO, HERNÁNDEZ CALLEJO LUIS, JAMED BOZA LUIS OMAR, LÓPEZ MERAZ RAÚL ALBERTO, LÓPEZ VÁZQUEZ MARIO, MARÍN HERNÁNDEZ JUAN JOSÉ, MONTALVO ESPINOZA CAROLINA, MORA COLORADO EVA, MORA NEGRETE PATRICIA GUADALUPE, MORENO FERNÁNDEZ MARÍA DEL ROSARIO, MURILLO CUEVAS FÉLIX DAVID, MURILLO RAMÍREZ ANGÉLICA, PATIÑO SANTOS REBECA LIZETH, RECOBA LÓPEZ MARÍA GUADALUPE, RIOS MARTÍNEZ FERNANDO, RIVERA MEZA ADRIANA ELENA, RODRÍGUEZ RAMOS LINA, ROJAS CESSA ALDO, RUIZ SANTOS KARLA YASMIN, SANDOVAL HERAZO LUIS CARLOS, VÁZQUEZ HERNÁNDEZ ANDRÉS, VELÁZQUEZ PÉREZ ALBERTO, VENTURA SÁNCHEZ ANGELITA, VILLEGAS NARVÁEZ JAZMÍN

EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2021



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

ISBN: 978-607-99563-5-6



Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-99388)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 2
Presentación en medio electrónico digital: PDF 5 MB
Fecha de aparición 16/11/2021
ISBN 978-607-99563-5-6

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

AVANCES Y APLICACIONES

AUTORES

ADAME GARCÍA JACEL, ARENAS DEL ÁNGEL JORGE LUIS, ARENAS DEL ÁNGEL MARÍA DEL CARMEN, BALTAZAR CASAS FERNANDO, BALTAZAR CASAS RUBÉN, BEDOLLA HERNÁNDEZ JORGE, BEDOLLA HERNÁNDEZ MARCOS, CABRERA MIRELES HÉCTOR, Cerdán Valdés Pamela Lizatte, Cortés Rodríguez Luis Gabriel, DEL ÁNGEL RAMOS JORGE ARTURO, DÍAZ CAB GERARDO MAURICIO, FERNÁNDEZ VIVEROS JOSÉ ANTONIO, FLORES LARA VICENTE, GARCÉS BÁEZ ALFONSO, HERNÁNDEZ CALLEJO LUIS, JAMED BOZA LUIS OMAR, LÓPEZ MERAZ RAÚL ALBERTO, LÓPEZ VÁZQUEZ MARIO, MARÍN HERNÁNDEZ JUAN JOSÉ, MONTALVO ESPINOZA CAROLINA, MORA COLORADO EVA, MORA NEGRETE PATRICIA GUADALUPE, MORENO FERNÁNDEZ MARÍA DEL ROSARIO, MURILLO CUEVAS FÉLIX DAVID, MURILLO RAMÍREZ ANGÉLICA, PATIÑO SANTOS REBECA LIZETH, RECOBA LÓPEZ MARÍA GUADALUPE, RIOS MARTÍNEZ FERNANDO, RIVERA MEZA ADRIANA ELENA, RODRÍGUEZ RAMOS LINA, ROJAS CESSA ALDO, RUIZ SANTOS KARLA YASMIN, SANDOVAL HERAZO LUIS CARLOS, VÁZQUEZ HERNÁNDEZ ANDRÉS, VELÁZQUEZ PÉREZ ALBERTO, VENTURA SÁNCHEZ ANGELITA, VILLEGAS NARVÁEZ JAZMÍN

INDICE

BACTERIAS BENÉFICAS EN AGUAS RESIDUALES PORCINAS TRATADAS EN HUMEDALES ARTIFICIALES

JACEL ADAME GARCÍA, LUIS CARLOS SANDOVAL HERAZO, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, ADRIANA ELENA RIVERA MEZA

1

ASPIRADORA PARA INSECTOS UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LOS ESTUDIOS ENTOMOLÓGICOS

LINA RODRÍGUEZ RAMOS, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, RUBÉN BALTAZAR CASAS, FERNANDO BALTAZAR CASAS

12

MEJORA DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN CON RE-USO DE CALOR DE UN GENERADOR DE VAPOR

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ, LUIS GABRIEL CORTÉS RODRÍGUEZ

23

ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS DE MADERA COMO COMBUSTIBLE RENOVABLE

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ, VICENTE FLORES LARA

39

ESTUDIO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ALTERNATIVA DE COMBUSTIBLE RENOVABLE

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ, VICENTE FLORES LARA, MARÍA GUADALUPE RECOBA LÓPEZ

57

DISEÑO DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LATAS DE ALUMINIO PARA MINIMIZAR LA CONTRIBUCIÓN DEL PREDIAL EN EL MUNICIPIO DE TIERRA BLANCA, VER.

ANGELICA MURILLO RAMÍREZ, MARÍA DEL ROSARIO MORENO FERNÁNDEZ, EVA MORA COLORADO, ALFONSO GARCÉS BÁEZ

71

AUTOMATIZACIÓN DE LA EMISIÓN DE JUSTIFICANTES PARA ESTUDIANTES DEL ITS-ACAYUCAN

PAMELA LIZETTE Cerdán Valdés, Karla Yasmín Ruiz Santos, Aldo Rojas Cessa

85

SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y SOPORTE EN SOLUCIONES EN GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS Y REWORK S. A. DE C. V.

SAMUEL RAMÍREZ GALINDO, ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ, PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE, FERNANDO RÍOS MARTÍNEZ

95

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN EL RÍO
ACTOPAN, VERACRUZ**

ADRIANA ELENA RIVERA MEZA, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, JACEL ADAME GARCÍA, FÉLIX DAVID
MURILLO CUEVAS, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ

108

INTEGRACIÓN DE LA GENERACIÓN FV Y UNA MINIHIDRÁULICA CON SIMULACIÓN

RAÚL ALBERTO LÓPEZ MERAZ, LUIS HERNÁNDEZ CALLEJO, LUIS OMAR JAMÉD BOZA, JORGE ARTURO DEL
ÁNGEL RAMOS, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL, MARÍA DEL CARMEN
ARENAS DEL ÁNGEL, ALBERTO VELÁZQUEZ PÉREZ

119

**USO DE HELICONIA SPP., Y CANNA SPP., EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES**

JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS, LUIS CARLOS SANDOVAL HERAZO, JACEL ADAME GARCÍA, FÉLIX
DAVID MURILLO CUEVAS

137

**MARKETING DIGITAL DEL MIITUG®: MUSEO INTERACTIVO DE INSECTOS Y PLANTAS
TERRESTRES**

JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, JACEL ADAME GARCÍA,
REBECA LIZETH PATIÑO SANTOS

147

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE CONTROL DE DISPOSITIVOS FINALES EN
ANDROID A PARTIR DE LA EXPLORACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE
LAS COSAS EXISTENTES AFINES**

CAROLINA MONTALVO ESPINOZA, GERARDO MAURICIO DÍAZ CAB

165

**INSECTICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA EL CONTROL DE PULGÓN EN CHILE
HABANERO EN MACROTÚNEL**

FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS, JACEL ADAME GARCÍA, HÉCTOR CABRERA MIRELES, JAZMÍN VILLEGAS
NARVÁEZ

175

BACTERIAS BENÉFICAS EN AGUAS RESIDUALES PORCINAS TRATADAS EN HUMEDALES ARTIFICIALES

JACEL ADAME GARCÍA¹, LUIS CARLOS SANDOVAL HERAZO², FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS³, ADRIANA ELENA RIVERA MEZA⁴.

RESUMEN

Actualmente los humedales contruidos son de gran interés, los resultados que generan desde la eliminación de contaminantes hasta el aprovechamiento de la vegetación los hace sistemas muy eficientes. Estas ecotecnologías requieren de microorganismos para llevar a cabo complejas transformaciones energéticas. Especialmente en la transformación del nitrógeno y fósforo a formas útiles para el metabolismo de las plantas ya que los excesos en sus formas no útiles pueden ser peligrosos para los ecosistemas naturales. Por lo que los microorganismos son el factor más importante en la remoción de contaminantes en estos sistemas. Con base en lo anterior en este trabajo se identificaron mediante técnicas moleculares a partir de secuencias del gen 16S rRNA, bacterias benéficas presentes en el proceso de degradación de contaminantes en aguas residuales porcinas tratadas en humedales híbridos. Detectando la presencia de cepas bacterianas como *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus zanthoxyli* y *Stenotrophomonas rhizophila*. Estos trabajos forman parte del Proyecto de Investigación “Identificación Molecular de Bacterias Benéficas y Patógenas en Humedales Híbridos para el Tratamiento de Aguas Residuales Porcinas” clave 10516.21-P financiado por el Tecnológico Nacional de México.

Palabras clave: *Bacillus*, 16S rRNA, nitrificantes, solubilizadoras, fósforo

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla. lcsandovalh@itsm.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

Currently the constructed wetlands are of great interest, the results they generate from the elimination of pollutants to the use of vegetation make them very efficient systems. These eco-technologies require microorganisms to carry out complex energy transformations. Especially in the transformation of nitrogen and phosphorus to forms useful for the metabolism of plants since excesses in their non-useful forms can be dangerous for natural ecosystems. Therefore, microorganisms are the most important factor in the removal of contaminants in these systems. Based on the foregoing in this work, beneficial bacteria present in the degradation process of pollutants in treated swine wastewater in hybrid wetlands were identified using molecular techniques from 16S rRNA gene sequences. Detecting the presence of bacterial strains such as *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus zanthoxyli* and *Stenotrophomonas rhizophila*. These works are part of the Research Project "Molecular Identification of Beneficial and Pathogenic Bacteria in Hybrid Wetlands for the Treatment of Swine Wastewater" key 10516.21-P funded by the National Technological Institute of Mexico.

Keywords: *Bacillus*, 16S rRNA, nitrifiers, solubilizers, phosphorus

INTRODUCCIÓN

El ser humano al tener diversas actividades diarias, ha provocado una presión sobre el ciclo del agua, lo que provoca consecuencias negativas en la calidad de vida de la población, en los ecosistemas naturales y su biodiversidad. Hoy en día la necesidad de producir más alimentos y energía, abastecer mayor volumen de agua a la población y a las actividades productivas, ha incrementado significativamente su demanda lo que afecta su calidad y reservorios naturales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2016).

El uso del agua por el ser humano no solo ha provocado una mayor demanda, sino también la generación de aguas residuales, las cuales son vertidas en los cuerpos de agua superficiales, en grandes cantidades y sin tratamiento. Lo que provoca una grave contaminación de ecosistemas dulceacuícolas y marinos degradándolos al reducir la cantidad y calidad de sus servicios ambientales. Además de que esta

contaminación reduce la disponibilidad del agua y exige de procesos e inversiones económicas elevadas para su tratamiento y potabilización (SEMARNAT, 2016).

Al verter las aguas agrícolas y pecuarias en los ríos, arroyos y lagos se disuelven una gran cantidad de elementos y compuestos químicos así como microorganismos. Y a pesar de que naturalmente existen procesos físicos, químicos y biológicos que permiten mantener en equilibrio las concentraciones de dichas sustancias, partículas y microorganismos (Gómez et al., 2013) la cantidad excesiva altera el equilibrio dinámico. Si se presenta un aumento de fosfatos, nitratos y amonio el crecimiento de macroalgas y fitoplancton se incrementa.

Si la situación se complica, llega a disminuir el oxígeno disuelto en el agua lo que afecta a otro tipo de organismos. Esto tiene repercusiones en la biodiversidad, provoca la degradación o desaparición de los servicios ambientales de los cuerpos de agua. Y si a esto le aunamos que las aguas pueden contaminarse con compuestos tóxicos empeorando la condición, no solo de la vida silvestre sino también del ser humano (Barba, 2002; Gómez et al., 2013).

Algunas de las consecuencias negativas al medio ambiente que resultan de la falta de tratamiento de aguas, son la toxicidad que afecta directamente a la flora y fauna de los cuerpos que reciben el agua contaminada, infecciones ocasionadas por organismos patógenos y que afectan a los organismos terrestres y marinos con los que entran en contacto, la contaminación térmica de las reservas que contienen el agua y los malos olores derivados de las bacterias y sustancias contenidas en las aguas residuales (Oficina de Informática Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión [INCyTU], 2019).

México es el segundo país a nivel mundial, que utiliza más “aguas crudas” (sin tratar) para riego. Las cuales pueden acarrear grandes cantidades de organismos patógenos, metales pesados y residuos de productos de aseo personal que generan problemas de salud, así como de antibióticos, que contribuyen a aumentar la resistencia de las bacterias (Universidad Autónoma de México [UNAM], 2018).

Los principales procesos de tratamiento de aguas residuales en los municipios se componen por lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas y filtros biológicos, entre otros. Sin embargo, existen diversas consecuencias ambientales

con el uso de los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales, como lo es el uso inmoderado e inadecuado de los recursos no renovables, la degradación ambiental, asociada principalmente a la extracción y uso de combustible fósil, también es importante mencionar que el desecho final de los lodos activados también supone un problema ambiental y se requiere de técnicas de disposición final para este residuo que se genera del tratamiento de aguas residuales mediante esta técnica lo cual resulta en algo muy poco práctico para el inversionista (Sandoval-Herazo et al., 2018).

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional del Agua (2016), a nivel nacional existen aproximadamente 2,477 plantas de tratamiento municipales que solo tratan 212.0 m³/s de aguas residuales y para el sector industrial operan 2,832 plantas, en su mayoría en grades industrias y en medianas autoabastecidas, a las micro empresas le corresponde únicamente el 0.8% dato del cual podríamos discernir de la realidad por la cantidad de microempresas no registradas que están operando y en las cuales no existen plantas tratadoras de agua residuales.

En México las microempresas muestran un crecimiento de aproximadamente 85% del cual 13.5% corresponde a la industria porcina. Generalmente este tipo de empresas no cuentan con tratamiento de aguas residuales para disminuir el impacto ambiental que éstas pueden llegar a generar. Esto debido a los elevados costos de instalación y operación que representan las plantas de tratamiento convencionales y que las microempresas no podrían solventar. Por otra parte, las microempresas no están obligadas legalmente a tratar toda el agua residual que generan durante sus procesos porque no cuentan con registros oficiales que puedan comprobar el desagüe diario que producen (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2017).

Los principales factores que favorecen la adopción de sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales porcinas, son los bajos costos de inversión para la instalación de estas plantas de tratamiento, así como los bajos costos de operación que algunos pueden llegar a ofrecer (SEMARNAT, 2016).

Una alternativa para el tratamiento de estas aguas residuales son los humedales construidos, que son sistemas diseñados y contruidos para utilizar procesos en los que involucran vegetación, sólidos y microorganismos asociados para asistir en el tratamiento de aguas residuales (Vymazal, 2005).

Los humedales artificiales están diseñados basados en numerosos procesos que ocurren de forma natural, pero con un enfoque más controlado que ofrece costos de inversión y operación relativamente bajos (Song et al., 2008). En los mesocosmos se presentan interacciones entre microorganismos, diferentes sustratos y contaminantes dentro del sistema complejo de la rizósfera (Stein et al., 2006; Werker et al., 2007; Weissner et al., 2008).

El tratamiento biológico de las aguas residuales en los humedales, se basa en el metabolismo de los microorganismos para participar en ciclos como el del carbono, nitrógeno y fósforo. Durante el tratamiento de aguas residuales se utilizan las bacterias que naturalmente proliferan en el ambiente. El diseño de los procesos biológicos se basa en la creación y explotación de nichos ecológicos para seleccionar microorganismos mejores adaptados que puedan reproducirse bajo esas condiciones ambientales (Hernández-García et. al., 2017).

Las bacterias son importantes para todas las transformaciones energéticas llevadas a cabo en los humedales. Su actividad es importante en la transformación de nitrógeno a sus formas biológicas. La absorción de fósforo por parte de las plantas también depende en parte de la actividad bacteriana, la cual convierte formas insolubles del fósforo en formas solubles disponibles para las plantas (Environmental Protection Agency [EPA], 2000).

Uno de los principales contaminantes que se debe eliminar en los humedales artificiales es el nitrógeno, lo cual se logra mediante la combinación de los procesos de nitrificación y desnitrificación (Lee et. al., 2009). El destino de los compuestos que contienen nitrógeno depende de las condiciones químicas y en del oxígeno. Bajo condiciones aerobias, el amonio se oxida a nitrato por procariotas nitrificantes. Condiciones anaerobias llevan al consumo de nitratos como una alternativa de aceptores de electrones para la respiración en el proceso de desnitrificación

(Bedoya, 2012). La diversidad de bacterias en los humedales es importante para el funcionamiento y mantenimiento del sistema (Kim et al. 2011).

Los procesos relacionados a los ciclos biogeoquímicos como el del fósforo (P) son afectados por la carga de fósforo en el humedal, por lo que uno de los procesos importantes en el mesocosmo es que se tenga eficiencia en la remoción de P (Kadlec y Knight, 1996; Reddy y D'Angelo, 1997; Mitsch y Gosselink, 2000). Los microorganismos juegan un papel importante en la eliminación de fósforo (P) por medio de la absorción y almacenamiento directo de P y/o mineralización de P orgánico. Por lo que es importante conocer la dinámica de las comunidades microbianas en relación a las variables claves de eficiencia en la operación de los humedales construidos.

DESARROLLO

Este trabajo fue parte del proyecto de investigación "Identificación molecular de bacterias benéficas y patógenas en humedales híbridos para el tratamiento de aguas residuales porcinas" clave 10516.21-P, financiado por el Tecnológico Nacional de México en la convocatoria 2021: Proyectos de Investigación Científica. El muestreo se realizó en aguas residuales que provenían de la Microempresa Porcina en Pastorías, Misantla, Veracruz y tratadas en el humedal híbrido para el tratamiento de aguas residuales porcinas del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, ubicado en el Km 1.8 de la Carretera Lomas del Cojolite, Misantla, Veracruz, CP 93821.

Para la obtención de los microorganismos y su identificación molecular se aislaron en medios selectivos para fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo. Se colocaron 10 g de sustrato en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, y se adicionaron 90 mL de solución estéril de fosfatos (KH_2PO_4 0.25 M). La solución se agitó a 120 rpm durante 10 min en un agitador orbital (Shel Lab R), se prepararon seis diluciones entre 10^{-2} y 10^{-7} .

Las diluciones se dispersaron (0.1 mL) sobre el medio de cultivo específico: para bacterias fijadoras de nitrógeno medio de cultivo ELMARC pH 6.8 a 7.0 (5 g manitol, 0.2 g extracto de levadura, 0.25 g K_2HPO_4 , 0.1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.05 g NaCl, 1:400

rojo de Congo, 18 g agar) y bacterias solubilizadoras de fósforo medio de cultivo SRSM pH 7.2 (0.25 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0.1 g KCl, 0.15 g $\text{MgSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$, 0.002 g $\text{FeSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$, 0.1 g NaCl, 5 g glucosa, 0.25 g extracto de levadura, 0.05 g de púrpura de bromocresol, 2.5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 7.5 g agar) y se incubaron a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 h. Una vez desarrolladas las colonias se identificaron molecularmente.

La extracción de ADN de bacterias se realizó de acuerdo al método de Giraffa et al. (2000) con algunas modificaciones, se colocó 1 mL de la solución del microorganismo aislado en un tubo de centrifuga de 1.5 mL y se centrifugó a 8000 g por 2 min. Transcurrido el tiempo se descartó el sobrenadante, conservando el pellet, se añadieron 150 μL de la solución de Chelex al 10%, y se mezcló en vortex durante 10 s, se incubó en calor seco a 100°C por 45 min. Posteriormente se agitó en vortex 10 s, se centrifugó a 7000 g por 15 min a 4°C . Finalmente, se transfirió el sobrenadante a un tubo nuevo y se conservó a -20°C .

La cantidad y calidad del ADN extraído se determinó mediante la absorbancia 260/280 nm utilizando el espectrofotómetro (Thermo Scientific Nano Drop OneC). Para evaluar el grado de degradación/integridad del ADN se llevó a cabo una electroforesis en geles de agarosa al 0.8% (TBE 0.5 X) en una cámara horizontal (BioRad) a 100 V. Los geles se tiñeron en 100 mL de solución TBE 1X adicionado con 2 μL de bromuro de etidio (10 mg mL^{-1}) durante 20 min y se visualizaron con un sistema de fotodocumentación (GelDoc®).

La amplificación del gen ADN ribosomal 16S se realizó en un volumen de reacción de 25 μL que contenía 25 mM dNTPs, Tampón taq 5 X, 25 mM MgCl_2 , Taq ADN polimerasa, 5 U μL^{-1} , 15 pM de cada primer y 40 ng de ADN genómico. Los tubos con la muestra de reacción se colocaron en un termociclador (Mastercycler personal Eppendorf®) bajo el siguiente programa de ciclos térmicos: una desnaturalización inicial de 2 min a 94°C , 30 ciclos de desnaturalización a 94°C por 1 min, alineamiento a 55°C por 1 min y la extensión a 72°C durante 1 min, seguido por una extensión final a 72°C durante 5 min.

Las secuencias resultantes de la amplificación del gen 16S ribosomal, se analizaron con la información de secuencias reportadas en la base de datos del GenBank del National Center for Biotechnology Information (NCBI), se realizó mediante el sistema BLAST.

RESULTADOS

Para la secuenciación de las bacterias se realizó la amplificación del gen ADN ribosomal 16S. Al amplificar el gen 16S se presentaron bandas de 800 pb que se muestran en la Figura 1.

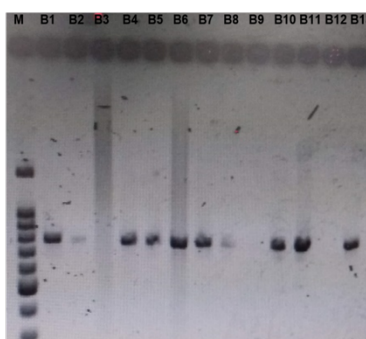


Figura 1. Amplificación del gen 16S en las 13 cepas bacterianas que amplificaron el gen ribosomal 16S. Cada carril corresponde a una cepa bacteriana y el carril con letra M corresponde al marcador molecular.

De acuerdo al análisis BLAST del NCBI, lo más cercano a la Secuencia D2 fueron *Bacillus megaterium* y *Bacillus aryabhattai* con un 94.04%. En lo que respecta a la Secuencia D3 al igual que la cepa D2, los resultaron arrojaron un porcentaje de similitud del 99.15% a las especies *B. aryabhattai* y *B. megaterium*.

La Secuencia D4 al igual que las cepas D2 y D3, los resultaron arrojaron un porcentaje de similitud del 97.50% a las especies *B. aryabhattai* y *B. megaterium* y por otro lado sumándose a la lista con el mismo porcentaje se asemeja a *Bacillus zanthoxyli*.

Camarena-Pozos (2009) realizó un estudio de microorganismos presentes en suelos asociados a la actividad minera, en el cual indica que las transformaciones bióticas de mercurio se deben a la presencia de microorganismos con capacidad de transformar las especies de este metal, como un mecanismo de detoxificación. La identificación molecular mostró que los aislados en humedales construidos con

capacidad de reducir Hg^{+2} obtenidos poseen una alta similitud con el género *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Shewanella*, *Staphylococcus* y *Stenotrophomonas*. Presentándose el género *Bacillus* en estos humedales.

La Secuencia D9 a diferencia de las cepas anteriores, se asemeja en un 100% al género bacteriano *Stenotrophomonas* y en un 99.84 a la especie *rhizophila*. En lo que respecta a la Secuencia D1, al igual que la secuencia D9 se relaciona en un 98.52% al género bacteriano *Stenotrophomonas rhizophila*.

Rojas-Alvarado (2005) reportó que entre los géneros bacterianos identificados en el perifiton de raíces de *Eichhornia* sp, *Pistia* sp. y *Azolla* sp., en un humedal artificial de la Universidad Earth se encuentran: *Acinetobacter* sp., *Aeromonas* sp., *Citrobacter* sp., *Chromobacterium* sp., *Enterobacter* sp., *Flavimonas* sp., *Klebsiella* sp., *Kluyvera* sp., *Pseudomonas* sp., *Morganella* sp., *Pantoea* sp., *Providencia* sp., *Serratia* sp., *Stenotrophomonas* sp. y *Rahnella* sp.

Algunos de estos se les atribuye alguna relación con la depuración natural de las aguas residuales especialmente en procesos desnitrificantes y eliminación de fosfatos, mientras que para otros grupos su importancia radica en que pueden ser cepas causantes de algunas infecciones en animales y el ser humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- A Hernández-García, H., Buitrón Méndez, G., M Lopez-Vazquez, C., & J Cervantes Carrillo, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño. IWA publishing.
- Barba, H. L. E. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. [Tesis de Ingeniería, Universidad del Valle]. Repositorio Institucional – Facultad de Ingenierías.
- Bedoya, J. A. (2012). Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniacal [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio Institucional – Universitat Politècnica de Valencia.
- Camarena-Pozos, D. A. (2009). Reducción microbiológica de Hg+2 en suelos asociados a la actividad minera. [Tesis de Maestría, Cinvestav-IPN]. Repositorio Institucional –Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Environmental Protection Agency (2000). Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. Cincinnati (Ohio), Editorial United States Environmental Protection Agency; 2000. Report No.: EPA/625/R-99/010.
- Giraffa, G., Rossetti, L., & Neviani, E. (2000). An evaluation of chelex-based DNA purification protocols for the typing of lactic acid bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 42(2), 175-184.
- Gómez S., L.R. Páez & A. Flores-Díaz. (23-30 de Agosto de 2013). Comportamiento de los sólidos en suspensión y sedimentales en cuerpos de agua: búsqueda de métodos aplicables al monitoreo comunitario. Tercer Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. UNAM, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, México.
- Informática Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (2019). Tratamiento de aguas residuales. INCyTU. 28:1-6.2019
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2017). Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, México.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. (2008). Treatment wetlands. CRC press.
- Kim, O. S., Imhoff, J. F., Witzel, K. P., & Junier, P. (2011). Distribution of denitrifying bacterial communities in the stratified water column and sediment–water interface in two freshwater lakes and the *Baltic Sea*. *Aquatic Ecology*, 45(1), 99-112.
- Lee, C. G., Fletcher, T. D., & Sun, G. (2009). Nitrogen removal in constructed wetland systems. *Engineering in Life Sciences*, 9(1), 11-22.
- Mulder, A., Van de Graaf, A. A., Robertson, L. A., & Kuenen, J. G. (1995). Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbiology Ecology*, 16(3), 177-183.

- Rojas-Alvarado, J. J. (2005). Diversidad bacteriana en el perifiton de raíces de *Eichhornia* sp, *Pistia* sp. y *Azolla* sp., en un humedal artificial de la Universidad Earth. [Tesis de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Institucional – Escuela de Biología.
- Sandoval-Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñiz, J. L., Méndez-Contreras, J. M., & Zamora-Castro, S. A. (2018). Effects of the use of ornamental plants and different substrates in the removal of wastewater pollutants through microcosms of constructed wetlands. *Sustainability*, 10(5), 1594.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua (2016). Estadísticas del agua en México. Edición 2016.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015.
- Song, Z., Wu, L., Xu, M., Wen, S., Zhou, Y., & Yu, M. (2008, May). Distribution and survival of six kinds of indicator and pathogenic microorganisms in a full-scale constructed wetlands in China. In *2008 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering* (pp. 3394-3397). IEEE.
- Stein, O. R., Biederman, J. A., Hook, P. B., & Allen, W. C. (2006). Plant species and temperature effects on the k–C* first-order model for COD removal in batch-loaded SSF wetlands. *Ecological Engineering*, 26(2), 100-112.
- Universidad Autónoma de México (2018). Agenda Ambiental 2018 Diagnóstico y Propuestas. Seminario Universitario de Sociedad, Medio Ambiente e Instituciones.
- Vymazal, J. (2014). Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. *Ecological Engineering*, 73, 724-751.
- Werker, A. G., Van Loon, W., & Legge, R. L. (2007). Tracers for investigating pathogen fate and removal mechanisms in mesocosms. *Science of the total environment*, 380(1-3), 188-195.
- Wiessner, A., Kusch, P., Jechorek, M., Seidel, H., & Kästner, M. (2008). Sulphur transformation and deposition in the rhizosphere of *Juncus effusus* in a laboratory-scale constructed wetland. *Environmental pollution*, 155(1), 125-131.

ASPIRADORA PARA INSECTOS UNA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LOS ESTUDIOS ENTOMOLÓGICOS

LINA RODRÍGUEZ RAMOS¹, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS², RUBÉN BALTAZAR CASAS³,
FERNANDO BALTAZAR CASAS⁴

RESUMEN

En México existe una amplia gama de instituciones y organizaciones que realizan estudios entomológicos (estudios de insectos), estas instituciones dedicadas a la investigación, educación y servicios, realizan trabajos sobre la diversidad de insectos voladores en diferentes ambientes, así como trabajos sobre insectos plagas y sus enemigos naturales en diferentes cultivos. El método utilizado normalmente por el entomólogo para capturar insectos vivos es la red entomológica. Sin embargo, a pesar de ser un método bastante eficaz, presenta una serie de desventajas que hacen que la red entomológica no sea adecuada para los objetivos de los trabajos o estudios. Otro de los métodos más utilizados es la aspiración a través de aspiradoras entomológicas. Sin embargo, estas aspiradoras tienen algunas complicaciones tales como un peso excesivo (19.5 kg), un exceso de vibración, precio demasiado elevado y reparaciones difíciles. Con base a lo anterior en este trabajo se presenta una revisión de las aspiradoras entomológicas, generando a partir de dicha información, una propuesta de un diseño de aspiradora entomológica como una innovación tecnológica para los estudios entomológicos.

Palabras clave: Diseño tecnológico, succionadora de insectos, entomología

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. lina.rr@xalapa.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. 167001888@itsx.edu.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. 167001886@itsx.edu.mx

ABSTRACT

In Mexico there is a wide range of institutions and organizations that carry out entomological studies (insect studies), these institutions dedicated to research, education and services, carry out work on the diversity of flying insects in different environments, as well as work on insect pests and their natural enemies in different crops. The method normally used by the entomologist to capture live insects is the entomological net. However, despite being a fairly effective method, it has a series of disadvantages that make the entomological network unsuitable for the purposes of the work or studies. Another of the most used methods is aspiration through entomological vacuum cleaners. However, these vacuums have some complications such as excessive weight (19.5 kg), excessive vibration, too high a price and difficult repairs. Based on the above, this work presents a review of entomological vacuum cleaners, generating from this information a proposal for an entomological vacuum cleaner design as a technological innovation for entomological studies.

Keywords: Technological design, insect sucker, entomology

INTRODUCCIÓN

Actualmente se utilizan varios métodos para el muestreo de la diversidad de artrópodos terrestres (Márquez, 2005). Un método es el uso de aspiradoras entomológicas, más notablemente la aspiradora D-vac. Estudios anteriores que involucraron el D-vac han revelado ciertas limitaciones ambientales, físicas y mecánicas del diseño, incluido su considerable peso, ruido y volumen (MacLeod *et al.*, 1994; Stewart y Wright, 1995).

En el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván se han iniciado estudios sobre la diversidad de insectos voladores en ambientes tropicales y agrícolas, así como estudios de insectos plagas y sus enemigos naturales en hortalizas en ambiente protegido y campo abierto. Para dichos estudios es necesaria la captura de insectos vivos de los ambientes muestreados. Los muestreos se realizan sobre el follaje de arvenses, arbustos y árboles. El método utilizado normalmente por el entomólogo para capturar insectos vivos es la red entomológica. A pesar de ser un método bastante eficaz, presenta una serie de

desventajas como la imposibilidad de manguear en plantas espinosas, la dificultad con las copas de los árboles, o que el manguero queda reducido a la parte exterior de los arbustos. Estas desventajas hacen que la red entomológica no sea adecuada para los objetivos de los estudios realizados o que se pretenden realizar. Otro de los métodos más utilizados es la aspiración a través de máquinas de succión o aspiradoras, las cuales permiten capturar insectos en todo tipo de cultivos o plantas, así como acceder al interior de los arbustos. Uno de los aspiradores más conocidos en el campo de la entomología es el D-Vac, aspiradora entomológica de origen norteamericana. El uso de este aparato es una de las mejores técnicas de muestreo, ya que ofrece densidades de insectos mucho más elevadas que las redes entomológicas de golpeo. Sin embargo, no está exento de inconvenientes: peso excesivo (19,5 kg) para ser manejado con facilidad, exceso de vibración, precio demasiado elevado y reparaciones difíciles, así como la imposibilidad de encontrarlo manufacturado tanto en el mercado nacional como internacional. Por lo tanto, es importante generar una aspiradora entomológica para el muestreo de insectos en ambientes tropicales y agrícolas capaz de proporcionar una muestra eficiente de insectos para estudios entomológicos y muestreos de plagas en México. Que además sea de bajo costo, de fácil adquisición y manejo.

DESARROLLO

El objetivo del trabajo fue diseñar una aspiradora de insectos con innovaciones de materiales que sean de bajo costo y de fácil acceso para un uso eficiente en el muestreo de insectos. Para realizar el diseño inicialmente se llevó a cabo una revisión de algunas aspiradoras de insectos fabricadas en el transcurso de la historia.

Desarrollo de las aspiradoras de insectos.

La idea de remplazar a la red entomológica de barrido (Figura 1) por un dispositivo motorizado y/o eléctrico nace con Hills en 1933 al describir una pipeta de succión motorizada y un colector de vacío eléctrico portátil para recolectar insectos (Figura 2).



Figura 1. Red entomológica de golpeo utilizada para la captura de insectos.

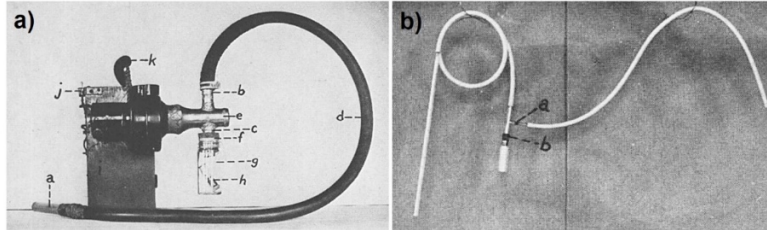


Figura 2. Dispositivo motorizado y eléctrico para la succión de insectos de 1933. a) colector de vacío eléctrico portátil y b) pipeta de succión motorizada (Tomado de Hills, 1933).

Después, en 1957 se describe otro dispositivo de succión para insectos, fabricado con un soplador eléctrico portátil Wolf (tipo NWBE) que funcionaba con 220-250 voltios y la velocidad del aire en la boquilla que se utilizó (diámetro 1-2 pulgadas) era de aproximadamente 70 m.p.h (Figura 3). Se colocaba un anillo de madera alrededor de la entrada del soplador y se fijaba un cilindro de metal (10 x 5 pulgadas). Una tapa con una abertura central se sujetaba a la parte superior de este cilindro mediante dos clips de resorte (Figura 3a). El aparato pesaba 15 libras esterlinas y era fácil de transportarla y manipularla (Figura 3b y 3c) (Johnson *et al.*, 1957).

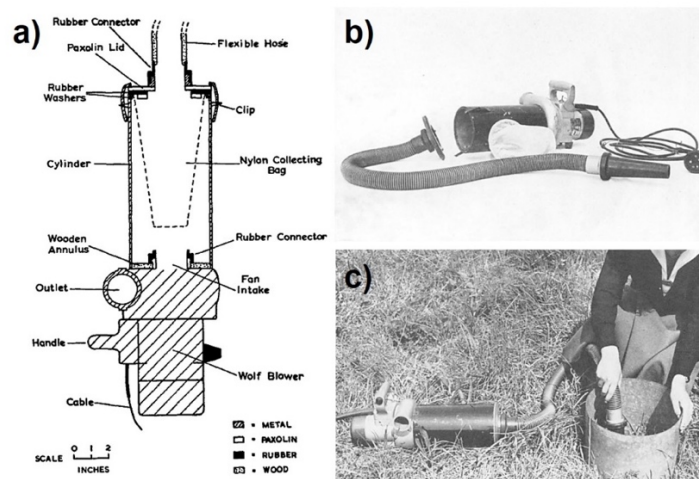


Figura 3. Aspiradora de insectos eléctrica de 1957. a) Diagrama del equipo, b) imagen del equipo y c) equipo funcionando, utilizado en la succión de insectos (Tomado de Johnson *et al.*, 1957).

Para 1959 se describen las primeras aspiradoras de insectos D-vac (Figura 4), la primera máquina estaba hecha principalmente de materiales excedentes de la guerra y presentaba un soporte de ruedas de bicicleta (Figura 4a), posteriormente se mejoró a una máquina succionadora cuyos componentes básicos eran (1) un ventilador portátil, (2) un conducto de aire flexible, (3) cabezal recolector y bolsa, (4) manguera adaptadora y (5) el montaje (Figura 4b) (Dietrick *et al.*, 1959).

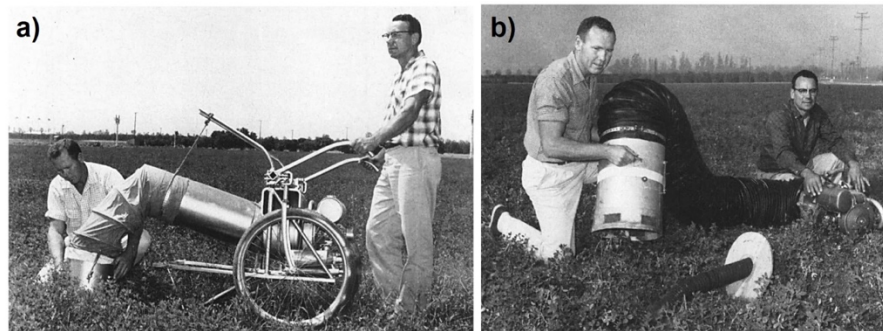


Figura 4. Primeros modelos de la aspiradora entomológica D-Vac. a) primera aspiradora entomológica D-Vac con un soporte de ruedas de bicicleta y b) aspiradora entomológica de mano D-Vac mejorada para la colecta de insectos (Tomado de Dietrick *et al.*, 1959).

Inmediatamente en 1961 se describe la primera aspiradora de insectos de mochila marca D-vac (Figura 5). Las dimensiones generales eran de 15 x 15 x 24 pulgadas y el peso era de 27 libras. Se utilizaba un motor de gasolina de dos tiempos, monocilíndrico, refrigerado por aire, para hacer girar el ventilador de peso ligero (Figura 5a). El motor está montado debajo del ventilador (Figura 5b y 5c) (Dietrick, 1961; Summers *et al.*, 1984).

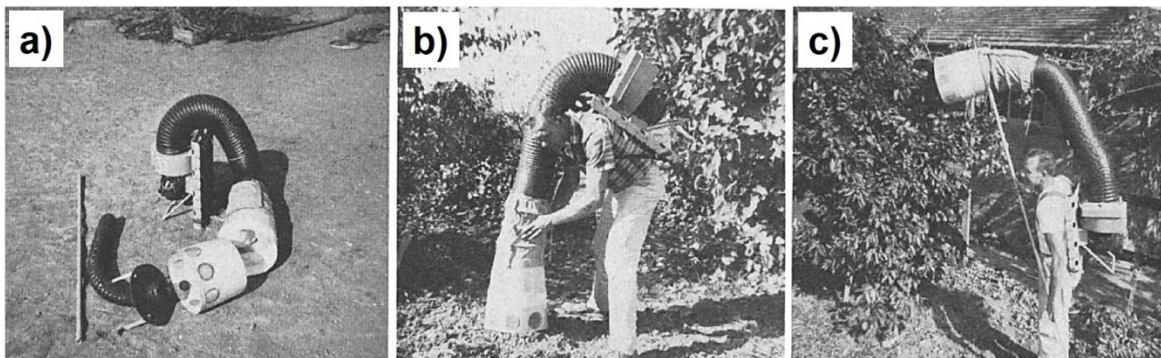


Figura 5. Aspiradora entomológica de mochila marca D-vac de 1961. A) Equipo sin ensamblar, b) equipo utilizado en aspirados de insectos en vegetación del suelo y c) equipo utilizado en aspirados de insectos en follaje arbustivo (Tomado de Dietrick, 1961).

Luego, en 1994 se describe una nueva aspiradora de insectos llamada Vortis (Figura 6), el cual es un succionador de insectos que no requiere la instalación de una red, bolsa o paneles de gasas. En la aspiradora Vortis, el aire entra muy por encima del nivel del suelo; luego barre 180 grados, transportando las partículas por el tubo principal (100 mm de diámetro) (Figura 6a). Se crea un vórtice en este tubo mediante un conjunto de paletas fijas, de modo que cuando los insectos llegan a la cámara de expansión se depositan en el tubo en forma de D (Figura 6a). Tiene una unidad de motor de 5 kg y el sistema de colecta 3 kg. Se puede instalar una manguera flexible si es necesario (Figura 6b y 6c) (Arnold, 1994; Zentane *et al.*, 2016; Cherrill *et al.*, 2017; McNeill y van Koten, 2020).

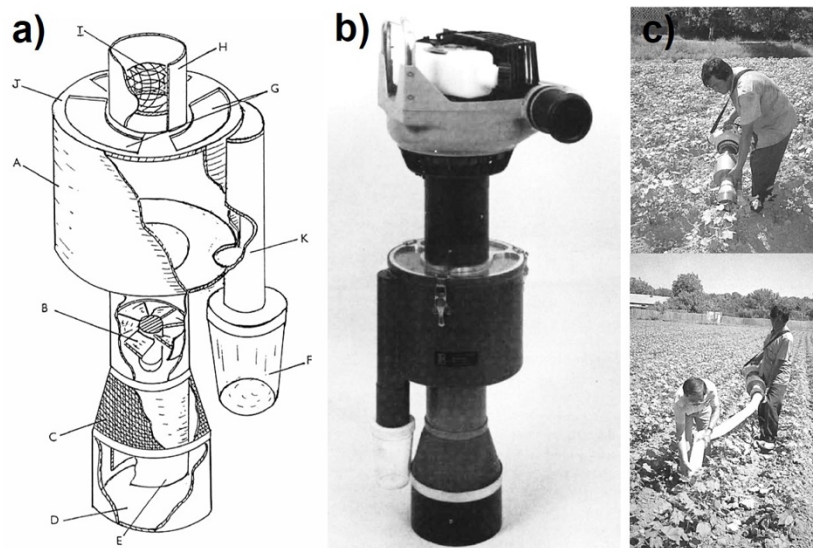


Figura 6. Aspiradora entomológica Vortis. a) Esquema: A= cámara de expansión; B= paletas estáticas; C= entrada de aire; D= tubo de muestreo; E= tubo de vórtice; F= contenedor de insectos; G= paneles de inspección; H= tubo de vacío; I= filtro de seguridad; J= funda desmontable; K y D= tubo conector de vacío. b) Imagen de la aspiradora y c) Aspiradora Vortis en funcionamiento (Tomado de Arnold, 1994).

Actualmente existen modelos modernos de aspiradoras entomológicas D-Vac, las cuales mantienen el principio de sus primeros modelos. Hay dos modelos de aspiradoras el modelo 24, que es una aspiradora tipo mochila y el modelo 122, que es una aspiradora que se lleva en la mano. Ambos funcionan con motores de gasolina para una total libertad en el campo. Los insectos se recolectan en bolsas de organdí (Figura 7). El modelo 122 portátil D-Vac (Figura 7a) tiene un motor Echo

de 2 ciclos y 1 caballo de fuerza refrigerado por aire. Funciona con gasolina mezclada con aceite. Pesa aproximadamente 10.5 kg. La corriente de aire puede alcanzar aproximadamente 280 pies cúbicos. La unidad de recolección viene con un cono recolector y 4 bolsas recolectoras de nailon de organdí (Mommertz *et al.*, 1996; Elliot *et al.*, 2006). El D-VAC Modelo 24 es un recolector de insectos al vacío impulsado por un motor Briggs & Stratton de 3.75 HP (Figura 7b). El motor y el ventilador están montados en un soporte de mochila. Un conducto de aire flexible de 6 pies y 8 pulgadas de largo y 8 pulgadas de diámetro que se conecta desde la parte inferior del ventilador a la unidad de recolección. Tiene un cilindro recolector de fibra de vidrio de 13 pulgadas de diámetro unido por una funda de tela recubierta al conducto de aire flexible (Elliot *et al.*, 2006).

También en la actualidad se ha reportado el uso de una aspiradora entomológica llamada G-vac (Figura 8b), construido con un soplador de hojas (Stewart, 2002; Cherrill, 2015; Zentane *et al.*, 2016; Cherrill *et al.*, 2017; McNeill y van Koten, 2020).



Figura 7. Aspiradoras entomológicas modernas. a) D-Vac de mano, b) D-Vac de mochila y c) G-vac (Tomado de Don't Forget the Roundabouts, 2018).

Diseño de una aspiradora para insectos como innovación tecnológica.

El diseño de la aspiradora entomológica que se pretende fabricar como una alternativa innovadora para los estudios entomológicos (Figura 8), tendrá potencia, ya que cuenta con un motor de gasolina de 2 tiempos con 3.25 hp marca SWEDISH HUSKY POWER, motor de fácil acceso y de bajo costo, con un peso de 7.4 kg (Figura 8a). Además de tener un ventilador abanico tipo compresor que mejora el trabajo del motor por ser ergonómico y de peso ligero, ya que será de plástico reforzado con aspas planas que ayudan a una mejor aspiración de material (Figura 8b).

El ventilador contará con un caracol hecho de aluminio donde se mejorará la inducción de aire que pasa desde la entrada de insectos hasta su salida gracias a su presión y su caudal de aire que introduce, apoyando su maximización de aire continuo (Figura 8c). El motor, ventilador, caracol y contenedor de insectos estarán unidos mediante ensambles uniformes que permitirán una rigidez que proporcionará al operador trabajar con el menor peligro posible, ya que son materiales altamente resistentes, montados en una base la cual contará con un soporte de unión en ángulo de 90 grados en la cual se asegurará la unidad de trabajo.

La aspiradora contará con un cilindro recolector de PVC de 6 pulgadas x 45 cm de largo (Figura 9d) y una bolsa de tul especialmente diseñada con las medidas del contenedor para su introducción en él y también su forma circular para tener una mayor calidad de recolección manteniendo su forma por un coplee de PVC (Figura 8e) el cual estará unido por una pieza elaborada con la metodología de poka yoke (Figura 8f y 8g). Además, tendrá un conducto de aire rígido para manejar más fácil la aspiración de 120 cm de largo y 3 pulgadas de diámetro (Figura 8h) y con una unión tipo coplee el cual libera la rigidez por una parte flexible de 15 cm y 3 pulgadas de diámetro para poder utilizarlo en aspiraciones en el suelo a 45 grados y también en pequeños árboles o plantas donde la altura puede ser en un rango de 100 cm a 150 cm, todo esto se podrá realizar debido a la parte flexible que nos permitirá poder moverlo sin el menor esfuerzo posible por su conducto rígido que se conecta con la pieza de unión (poka yoke) y este al contenedor. La aspiradora contará con un manubrio y arnés correa doble universal de hombro para dar comodidad y seguridad al operador.

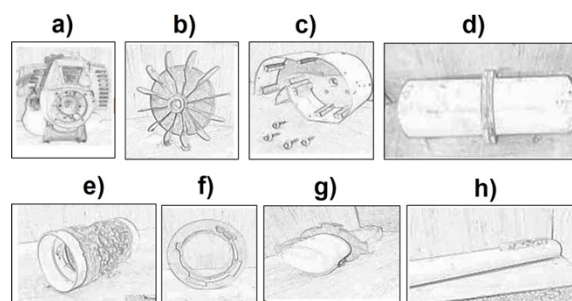


Figura 8. Dibujos de los componentes de la aspiradora de insectos de mano. a) Motor, b) ventilador de plástico, c) caracol de aluminio, d) cilindro colector, e) bolsa de tul, f) pieza de unión poka yoke, g) unión tubo con bolsa de tul y h) conducto de aire.

El material y motor para la aspiradora de insecto que se diseñó son relativamente económicos y fáciles de conseguir. El motor utilizado de desbrozadora Swedish Husky Power HKD5200 es la pieza de mayor costo en la aspiradora, con un costo aproximado de \$ 2,500. El resto del material es de muy bajo costo y de fácil obtención, se utiliza una pieza en "T" que es el eje principal, el cual estará fabricado por metal, así como materiales tales como arandelas, tornillos, pijas, reducciones, tubos y coples PVC, pegamento para PVC, cable eléctrico, cable acelerador universal, seguros de anillo, lamina de aluminio, manguera para el succionador, ventilador de aspa de abanico, espuma suave, tela tul, cinturón sujetador, broche para cinturón sujetador, base de madera, pintura en aerosol y remaches. El gasto estimado de materiales, excluyendo el motor de la aspiradora, se calcula en unos \$ 2,500 a \$ 3,000, de tal forma que se considera que el costo de materiales para la fabricación de la aspiradora entomológica sería aproximadamente de \$ 5,000 a \$ 6,000 de inversión, costo muy por debajo del precio de una aspiradora entomológica comercial.

De manera general las características que tendrá la aspiradora entomológica que se diseñó son: peso de 10 kilos, altura 40 cm, ancho 23 cm, largo 192 cm, motor de dos tiempos 3HP-HKD5200, capacidad de tanque de combustible 1.2 L, tipo de arranque con retroceso con cuerda de nailon, capacidad de flujo de aire 900 ft³/min en la cabeza colectora, 300 ft³/min en una abertura de 4 pulgadas, motor fabricado por SWEDISH HUSKY POWER importado por RAYKER (Figura 9).

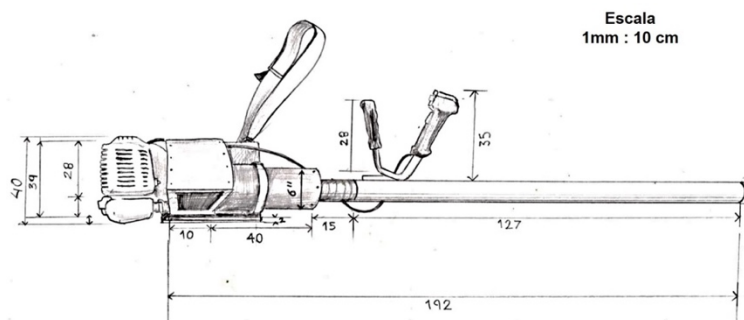


Figura 9. Dibujo del diseño de la aspiradora de insectos propuesta como innovación tecnológica para los estudios entomológicos en México.

CONCLUSIONES

De acuerdo al diseño realizado de una aspiradora de insectos de mano para los requerimientos demandados actualmente en los estudios entomológicos en México, se concluye que el diseño propuesto cumple con los requerimientos de un equipo ergonómico, liviano, de fácil manejo, construido con materiales de fácil acceso, de bajos costos y duraderos, además se pretende que tendrá una potencia y durabilidad idónea para el trabajo de campo, basado en el uso del motor 3HP-HKD5200 (SWEDISH HUSKY) que es de buena calidad y de bajo costo.

Se espera que con este diseño el Laboratorio de Entomología del Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, a través de su Jefe de Laboratorio Dr. Félix David Murillo Cuevas, se construya un prototipo y se evalúe en campo su eficiencia y desempeño para el muestreo de insectos y que con esto se logre solucionar las complicaciones en los estudios poblacionales de insectos en ambientes tropicales y agrícolas, mejorando los trabajos productivos y de investigación que se realizan a través del Laboratorio de Entomología del Campus Úrsulo Galván.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnold, A.J. (1994). Insect suction sampling without nets, bags or filters. *Crop Protection*, 13, 73-76.
- Cherrill A., Burkmar, R. Quenu, H. y Zentane E. (2017). Suction samplers for grassland invertebrates: the species diversity and composition of spider and Auchenorrhyncha assemblages collected with Vortis™ and G-vac devices. *Bulletin of Insectology*, 70 (2), 283-290.
- Cherrill, A. (2015). Suction sampling of grassland invertebrates using the G-vac: Quantifying and avoiding peripheral suction effects. *Eur. J. Entomol.*, 112(3), 520–524.
- Dietrick, E.J. (1961) An improved backpack motor fan for suction sampling of insect populations. *Journal of Economic Entomology*, 54, 394-395.
- Dietrick, E.J., Schlinger, E.I. y van den Bosch, R. (1959). A new method for sampling arthropods using a suction collecting machine and modified Berlese funnel separator. *Journal of Economic Entomology*, 52, 1085-1091.
- Elliott, N.C., Tao, F.L., Fuentes-Granados, R., Giles, K.L., Elliott, D.T., Greenstone, M.H., Shufran, K.A. y Royer, T.A. (2006). D-vac sampling for predatory arthropods in winter wheat. *Biological Control*, 38, 325-330.
- Hills, O.A. (1933). A new method for collecting samples of insect populations. *Journal of Economic Entomology*, 26, 906-910.
- Johnson, C.G., Southwood, T.R.E. y Entwistle, H.M. (1957). A new method of extracting arthropods and molluscs from grassland and herbage with a suction apparatus. *Bulletin of Entomological Research*, 48, 211-218.
- Macleod, A., Wratten, S.D. y Harwood, R.W.J. (1994). The efficiency of a new lightweight suction sampler for sampling aphids and their predators in arable land. *Annals of Applied Biology*, 124, 11-17.
- Márquez, L. J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.
- McNeill, M.R. y van Koten, C. (2020). Sampling to determine density of arthropods in intensively grazed grasslands. *J. Appl. Entomol.* 00,1-15.
- Mommertz, S., Schauer, C., Kösters, N., Lang, A. y Filser, J. (1996). A comparison of D-Vac suction, fenced and unfenced pitfall trap sampling of epigeal arthropods in agro ecosystems. *Ann. Zool. Fennici*, 33, 117-124.
- Stewart, A.J. y Wright, A.F. (1995). A new inexpensive suction apparatus for sampling arthropods in grassland. *Ecologizar Entomology*, 20, 98-102.
- Summers, C. G., Garrett, R.E. y. ZALOM, F.G. (1984). New Suction Device for Sampling Arthropod Populations. *J. Econ. Entomol.*, 77, 817-823.
- Zentane, E., Quenu, H., Graham, R.I. y Cherrill, A. (2016). Suction samplers for grassland invertebrates: comparison of numbers caught using Vortis™ and G-vac devices. *Insect Conservation and Diversity*, 9, 470-474.

MEJORA DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN CON RE-USO DE CALOR DE UN GENERADOR DE VAPOR

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ¹, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ², LUIS GABRIEL CORTÉS RODRÍGUEZ³

RESUMEN

El trabajo se enfoca en aspectos de microgeneración de energía eléctrica a base de combustión de biomasa sólida. Para lo cual se realizó el diseño de un sistema de recuperación de energía de los gases de escape producidos por la combustión de biomasa en cantidades reducidas (kg). Se trabajó con un sistema de generación de vapor para realizar pruebas experimentales y se realizaron simulaciones usando el método de elemento finito para el diseño de un recipiente a presión ubicado en la chimenea del sistema, el cual permite generar vapor a partir de la recuperación de la energía de los gases de escape. El vapor así obtenido de los gases de la combustión se usa para alimentar de oxígeno y elevar la temperatura en la zona de combustión. Se realizaron pruebas de combustión para hacer la comparación del consumos de combustible entre el diseño propuesto con recuperación del calor de los gases de desecho y otros sistema análogo sin la aplicación de recuperación. Los resultados muestran la apreciable reducción de combustible de biomasa sólida para el sistema propuesto en comparación del sistema sin recuperación.

Palabras clave: Combustible, combustión de biomasa sólida, generación de vapor, recuperación de energía

ABSTRACT

This work focuses on aspects of microgeneration of electrical energy based on the combustion of solid biomass. For this purpose, the design of a system for energy recovery from the exhaust gases produced by the combustion of biomass in reduced quantities (kg) was carried out. A steam generation system was used for

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. marcos.bh@apizaco.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. luis_g_10@hotmail.com

experimental tests and simulations were carried out using the finite element method for the design of a pressure vessel located in the chimney of the system, which allows steam to be generated from the recovery of energy from the exhaust gases. The steam thus obtained from the combustion gases is used to feed oxygen and raise the temperature in the combustion zone. Combustion tests were carried out to compare the fuel consumption between the proposed design with waste gas heat recovery and an analogous system without the application of recovery. The results show the appreciable reduction of solid biomass fuel for the proposed system compared to the system without recovery.

Keywords: fuel, solid biomass combustion, steam generation, energy recovery

INTRODUCCIÓN

El aumento continuo de la demanda de energía eléctrica en las diversas actividades humanas tiene como consecuencia el correspondiente incremento en la demanda de combustibles para la generación de energía. En ese sentido se busca el desarrollo de tecnologías que permitan optimizar los sistemas de generación, en sus diferentes escalas, de modo que consuman menos combustible y sean capaces de proporcionar las mismas cantidades de trabajo requeridas o incluso aumentarlas (Bilgili, 2017). Así como también, se busca el uso eficaz de energías alternativas de recursos disponibles en el entorno. Por lo que también es necesario diversificar la matriz de combustibles para la generación de energía. A la par de eso se requiere tomar en cuenta las implicaciones del uso y aprovechamiento de los combustibles y los procesos involucrados en la generación de energía (Sulaiman et al., 2020). Por un lado, es necesario enfocarse en combustibles que no contribuyan al deterioro del medio y por otro lado se requiere hacer uso adecuado y eficiente de esos combustibles. Por obvias razones, una opción que resulta inminente a las condiciones anteriores es la aplicación de combustibles renovables. Pero que además de esa cualidad, pueda aplicarse sin la necesidad de emplear energía adicional para sus pre-procesos en su preparación como combustibles.

Se puede considerar que actualmente la biomasa es la mayor fuente de energía renovable en uso (Toklu, 2017), ya que se estima que la biomasa disponible es de 146 billones de toneladas por ciclo anual (Pang, 2019). Si se toma en cuenta que una porción considerable de biomasa sólida como las plantas, cultivos agrícolas y forestales se convierte en basura al final de los ciclos de cultivo (Tripathi et al., 2019), entonces esa biomasa representa una alternativa en la producción de combustibles. Ya que por un lado la biomasa sólida se crea a partir de energía solar, agua y dióxido de carbono que transforman a través de la fotosíntesis durante su crecimiento y parte de esa energía queda almacenada en las plantas en forma de materia orgánica. Entonces, el uso de biomasa sólida como combustible no contribuye en el aumento del volumen neto de dióxido de carbono circundante en la tierra (Gleize et al., 2019) y es un combustible renovable. Según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2017) los beneficios del adecuado uso de la biomasa forestal son los que se muestran en la Figura 1.

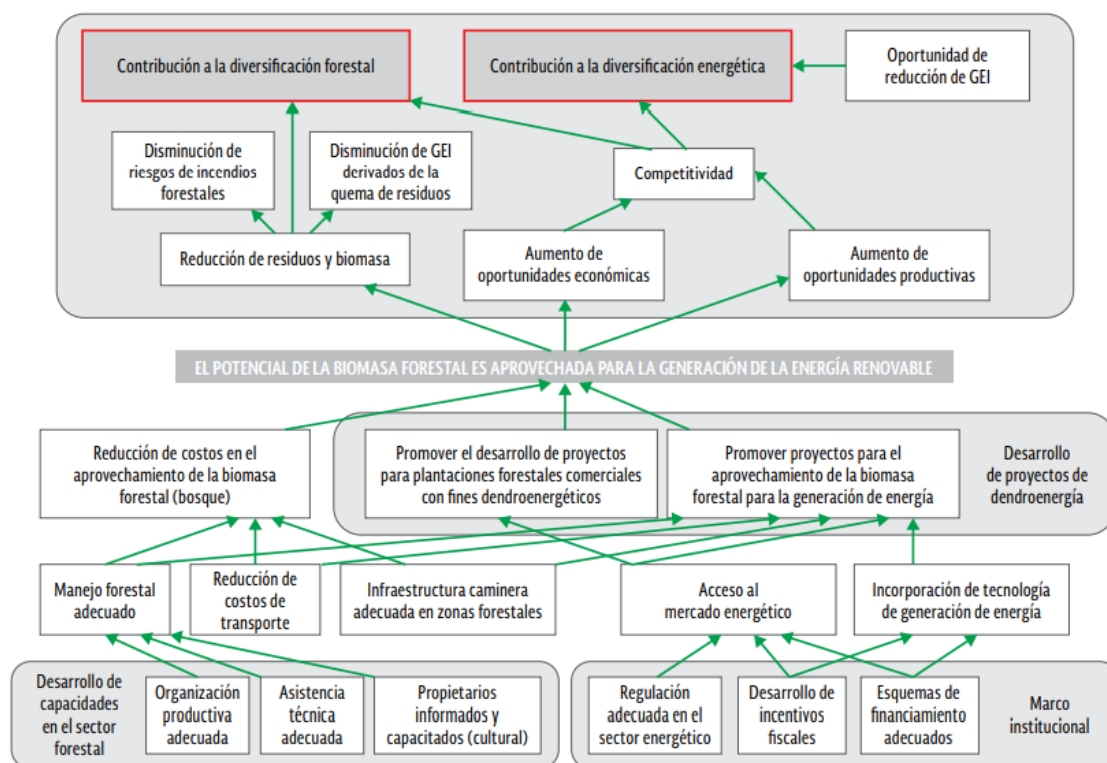


Figura 1. Beneficios de la biomasa forestal como fuente de energía.

Fuente: Adaptado de COANFOR, 2017

Una de las aplicaciones de la combustión es de generar vapor por medio de una caldera, lo cual se logra mediante la quema de combustible. Dentro de cada caldera se distinguen una zona muy importante, conocida como zona de liberación de calor u hogar o cámara de combustión, que es el lugar donde se quema el combustible. El calor generado por la combustión en el hogar de la caldera se usa para genera el vapor que eventualmente alimenta a turbinas que se usan dentro de los sistemas de generación eléctrica. Pero en forma adicional a su aprovechamiento primario, el combustible que se quema en el hogar libera gases con energía que no es aprovechada por el sistema de generación de vapor. Estos gases son desechados hacia la atmosfera aún con energía suficiente para usarse en un posproceso que pueda aumentar el rendimiento del combustible o la reducción de éste en los procesos de generación (Compton y Rezaie, 2018). Además, un proceso de recuperación de la energía de los gases de desecho del sistema primario, resulta en un factor importante en el funcionamiento de un generador de vapor, esto encaminado a: obtener una combustión completa, reducir tiempo de calentamiento del hogar y/o reducir la cantidad de combustible en un determinado proceso.

Una de las mejores formas de aumentar la eficiencia y productividad en los procesos de generación de vapor es el precalentar el aire para combustión que entra a la cámara para tal fin (Moharamian et al., 2018). La fuente de energía en forma de calor, puede provenir de los gases de escape que salen del proceso a una temperatura aún elevada. También esos gases de escape pueden transferir su energía al agua para contribuir a generar vapor o para precalentar el agua en la caldera, y así reducir el tiempo en que el agua cambia de fase disminuyendo el consumo de combustible. El diseño de un sistema que permita la aplicación de los gases de desecho de la combustión dentro del proceso primario permitiría extraer la mayor cantidad de energía y aprovecharla para aumentar la eficiencia (Frigo et al., 2018).

De acuerdo a lo anterior, la recuperación de energía de gases de desecho de la combustión que se genera en los procesos de generación de vapor es un aspecto importante para mejorar la eficiencia en tal sistema. Por otro lado, para lograr la combustión en el hogar de las calderas se requiere de cantidades suficientes y

adecuadas de combustible, temperatura en el ambiente y oxígeno, que favorezcan el proceso de combustión. Tomando en cuenta esos aspectos, en el presente estudio se aborda el proceso de recuperación de energía de los gases de desecho de la chimenea de una caldera de dimensiones reducidas (similares a un equipo doméstico). El vapor así generado alimenta a una microturbina de adhesión que se enfoca en un proceso de microgeneración. La idea central del trabajo es generar vapor en un almacenamiento adicional al principal, que se ubica en la trayectoria del recorrido de los gases de desecho. El vapor que se produce con base a los gases de desecho, para este estudio no forma parte de la alimentación a la turbina; sino que se direcciona para desfogarse en el hogar de la caldera. Esa condición permite incrementar la temperatura del hogar y aumenta el flujo de oxígeno requerido en el proceso de combustión, sin alterar la cantidad de combustible en el hogar.

Una de las razones que origina el presente estudio es la mejora de las condiciones de combustión del sistema de microgeneración en análisis. Dado que al ser biomasa sólida el combustible de la caldera, la alimentación de ésta es de forma discreta, por lo que por condiciones del tiempo dentro del proceso de combustión y reducción del combustible en el hogar se modifica la intensidad y la altura de la flama. Teniéndose con eso una reducción en la flama, lo que conduce a un mayor tiempo en alcanzar la temperatura y presión de trabajo en el fluido. Además de producir un proceso inquemados en la combustión de la biomasa sólida. Por lo que un sistema que avive el fuego en el hogar de combustión, se pretende mejorar el tiempo en alcanzar las condiciones requeridas por el fluido de trabajo para la microturbina, y en forma paralela aprovechar de mejor manera el combustible; todo esto sin tener que adicionar más energía u otra fuente de energía al sistema para modificar las condiciones en la combustión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se considera un sistema de generación eléctrica con enfoque en la microgeneración. El cual opera mediante la combustión de biomasa sólida en cantidades reducidas, y uno de sus componentes principales es un generador de vapor (caldera) de pequeña capacidad (con dimensiones similares a las de equipo doméstico). El generador de vapor se usa para alimentar a una microturbina de adhesión diseñada para operar en el orden de cientos de watts. El sistema de generación de vapor, junto con sus componentes se muestra de forma representativa en la Figura 2. Para el cual, el hogar de combustión se adecua para alojar trozos de biomasa solida proveniente de residuos forestales, a fin de consumir combustibles renovables que de no tener una aplicación se convierten en basura. Por las dimensiones propias del sistema, las características de combustión de la biomasa solida de residuos forestal y la forma de alimentar la biomasa a la caldera, el proceso de microgeneración requiere de un adecuado aprovechamiento del combustible para su aplicación.

La Figura 2a) muestra el sistema físico usado en la generación de vapor y la Figura 2b) muestra un corte transversal del arreglo y distribución interna de la caldera. Además de los instrumentos indicados en la Figura 2, para el estudio se hace uso de una báscula digital y un cronómetro para el monitoreo de los parámetros de la combustión. El generador de vapor tiene un tanque de 20 L, donde el diámetro de la base del recipiente para el fluido es de 0.4 m. La presión de trabajo nominal del fluido para alimentar la microturbina se establece en 550 kPa.

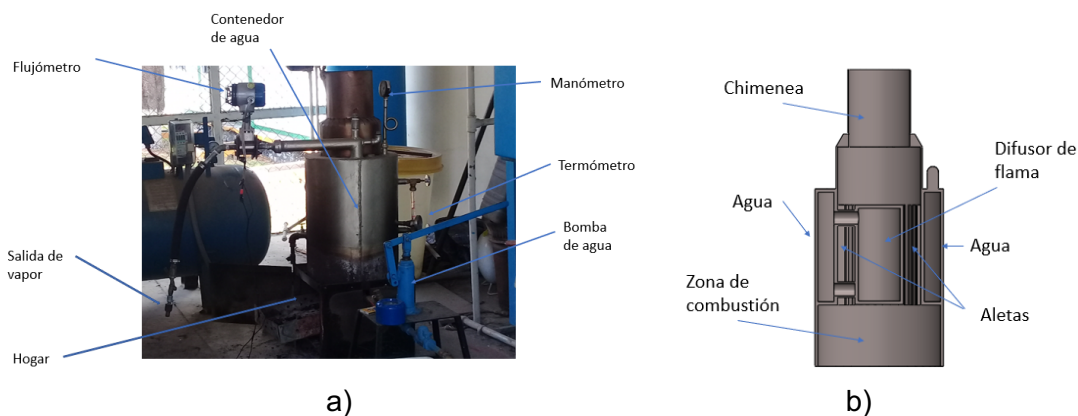


Figura 2. Sistema de generación de vapor con combustión de biomasa sólida.

De acuerdo con pruebas preliminares de combustión, se determinó que con 12 litros de agua dentro del generador de vapor al inicio del proceso se alcanza la presión de 550 kPa en un tiempo menor en comparación con volúmenes de 6 L, 8 L y 10 L. Por lo que es esa la cantidad base de agua en la caldera que se usa en el desarrollo de las pruebas. Junto con las pruebas preliminares para establecer el volumen inicial de agua, se mide la temperatura de los gases de desecho de la combustión. Los cuales tienen una temperatura de entre 200 °C a 230 °C, y que en las condiciones iniciales esa energía residual se desperdicia y se libera al ambiente. En función de lo anterior se establece la conveniencia de un sistema de recuperación de energía de los gases de la combustión para el sistema de microgeneración. Ese sistema se plantea en esencia para constituirse de un recipiente de 4 L con cerrado hermético, que se adapta a la chimenea la chimenea de la caldera, esto con la finalidad de generar vapor con los gases de seco. El vapor así obtenido se direcciona a la zona de combustión de la biomasa, para contribuir en ese proceso mediante el incremento de temperatura en el hogar y para aumentar el flujo de oxígeno en esa zona. Estas consideraciones se basan tomando en cuenta los tres factores que se debe cumplir para lograr la combustión, los cuales son: combustible, calor y oxígeno en proporciones adecuado. El vapor generado en el sistema de recuperación de energía cumple con la característica de calor, ya que tiene temperatura más alta que el medio circundante. Al direccionar ese vapor a la zona de combustión se contribuye a mejorar la condición de temperatura, al aumentar ésta en el medio, para favorecer el proceso de combustión. Por otro lado, el oxígeno que arrastra el flujo de vapor cuando fluye en la región del hogar contribuye también a aumentar la cantidad de oxígeno y favorecer la combustión, tendiendo a reducir los inquemados.

Para colocar en la chimenea el recipiente de generación de vapor, se diseñó una base que se sujeta ésta y que soporta el recipiente de 4 L. El vapor generado en ese recipiente se direcciona mediante tuberías hasta la zona de combustión. Por acción de la misma presión del vapor éste fluye al momento de abrir las válvulas colocadas en las tuberías, y proporciona calor y flujo de aire en el hogar de la

caldera. El esquema del sistema de recuperación de la energía de los gases de desecho se muestra en la Figura 3.

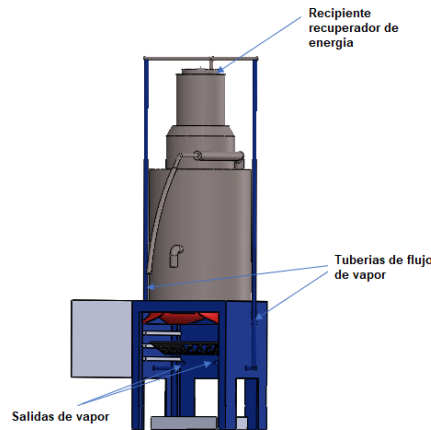


Figura 3. Sistema de recuperación de energía de los gases de combustión en la chimenea de la caldera.

Para el proceso de diseño del recipiente de 4 L se establecen los valores que se usan en el análisis por elemento finito de ese componente. Donde se estima que con una presión de 130 kPa en el recipiente colocado en la chimenea, el flujo de vapor es considerable para contribuir al proceso de combustión en la zona del hogar de la caldera. En ese entendido se toma como 140 kPa el valor de la presión de trabajo para el diseño de ese recipiente.

Se realizaron 2 series de pruebas para el desarrollo del análisis de la recuperación de la energía de los gases de desecho. En la primera serie el sistema se usa sin el recipiente de recuperación de energía en la chimenea, mientras que en la segunda se toma en cuenta los efectos del sistema de recuperación. En cada una de las series se introduce a la caldera 12 L de agua en su condición inicial (su capacidad total es de 20 L). Se usa la misma cantidad de biomasa sólida como combustible en el primer ciclo de cada serie y se realiza el proceso de combustión, con lo que se logra evaporar parte del agua contenida en el recipiente principal de la caldera. Al término de cada repetición se realimenta de biomasa sólida el hogar de combustión y se procede al siguiente ciclo.

La presión de trabajo para iniciar la alimentación de la caldera a la microturbina es de 550 kPa. Una vez que se alcanza esa presión en la caldera se abre la válvula y fluye el vapor la microturbina, la cual a su vez acciona un generador eléctrico. A

causa de las dimensiones reducidas de la caldera, al abrir la válvula la presión disminuye inmediatamente y continúa esa tendencia con el tiempo, hasta que la energía en el fluido ya no es suficiente para accionar la microturbina. Cuando se detiene el movimiento de la turbina se cierra la válvula de alimentación y se reinicia el ciclo (alimentación de combustible-generación de vapor) hasta lograr nuevamente la presión de trabajo. Al alcanzar la presión requerida nuevamente, entonces la válvula vuelve a abrirse y se repite el ciclo. Por condiciones propias del proceso, en estas pruebas no se realimenta el tanque de agua de la caldera, por lo que cada vez que se abre la válvula disminuye el volumen de líquido en su interior. Esa condición conduce a que el tiempo que toma en volver a alcanzar la presión de trabajo entre ciclos consecutivos de la misma serie disminuya.

En cada una de las 2 series se realizaron 5 ciclos para alimentación de la microturbina. En cada repetición se cuantificó el volumen de agua en la caldera y el tiempo que toma el proceso en alcanzar la presión de trabajo. Adicionalmente se monitorea el flujo másico de vapor que se alimenta a la microturbina de adhesión y el tiempo que ésta se mantiene en movimiento para cada de las repeticiones de la serie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron pruebas de combustión con el prototipo experimental para analizar la influencia del sistema de recuperación de energía de los gases propuesta en este estudio. Además, se realizan simulaciones por el método de elemento finito de componentes que interviene en el sistema.

Recipiente en la chimenea y tubería

Se diseñó un recipiente a presión de 4 L que se ubicará en la chimenea del sistema y que tiene interacción con los gases de escape, los cuales cederán energía al agua contenida en el recipiente para generar vapor. El fluido presurizado así obtenido se direccionará a la zona de combustión de la caldera, el flujo y velocidad de éste se obtiene por la propia presión generada al evaporar el agua. De acuerdo a las dimensiones de la chimenea el tamaño propuesto para el recipiente cilíndrico se toma como 0.145 m de diámetro y 0.25 m de longitud. En el diseño se consideró

lámina de acero AISI 1020 de 1.9 mm de espesor, con módulo elástico de 200 GPa y límite de fluencia de 351 MPa. En la Figura 4 se muestra el resultado de la simulación basada en el método de elemento finito para el recipiente. Adicionalmente se muestra el soporte que se usa para ubicar el recipiente en la parte superior de la chimenea de la caldera. De acuerdo la simulación, se considera que el diseño del recipiente cumple con los requerimientos y es seguro. La simulación también permitió obtener los factores de seguridad en las diferentes regiones del tanque, obteniendo que el factor de seguridad en la región crítica del recipiente es de 2.6 y mayor para el resto de las regiones. Por lo que el sistema se considera seguro. De igual forma los resultados de la simulación para aplicar el criterio de falla por la teoría de von Mises indican también que es un diseño seguro.

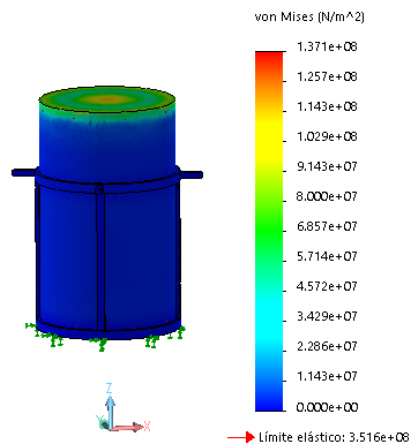


Figura 4. Esfuerzos de Von Mises del recipiente de 4 L para una presión de 130 kPa.

El flujo de vapor obtenido en el recipiente de 4 L se direcciona a la zona de combustión de la caldera mediante tuberías, de acuerdo a la disposición de elementos que se presenta en la Figura 3. Al respecto se realizaron simulaciones CFD para calcular las pérdidas de presión del vapor en el recorrido de la tubería, desde la salida del tanque hasta la zona de combustión de la caldera la longitud de la tubería es de 1.2 m. La simulación CFD tiene como objetivo determinar si la presión de vapor hacia la zona de combustión es suficiente para contribuir a avivar el fuego y mejorar el rendimiento de la combustión. Las propiedades físicas del vapor que se consideran para la simulación corresponde a una densidad de 0.5542

kg/m³, conductividad térmica de 0.0261 W/m K, y viscosidad de 1.34×10^{-5} kg/ m s. Las condiciones de frontera se especificaron con un extremo de la tubería como entrada y el otro como salida; además, todo el cuerpo de la tubería se definió como pared. En la Figura 5 se muestran el resultado de esa simulación.

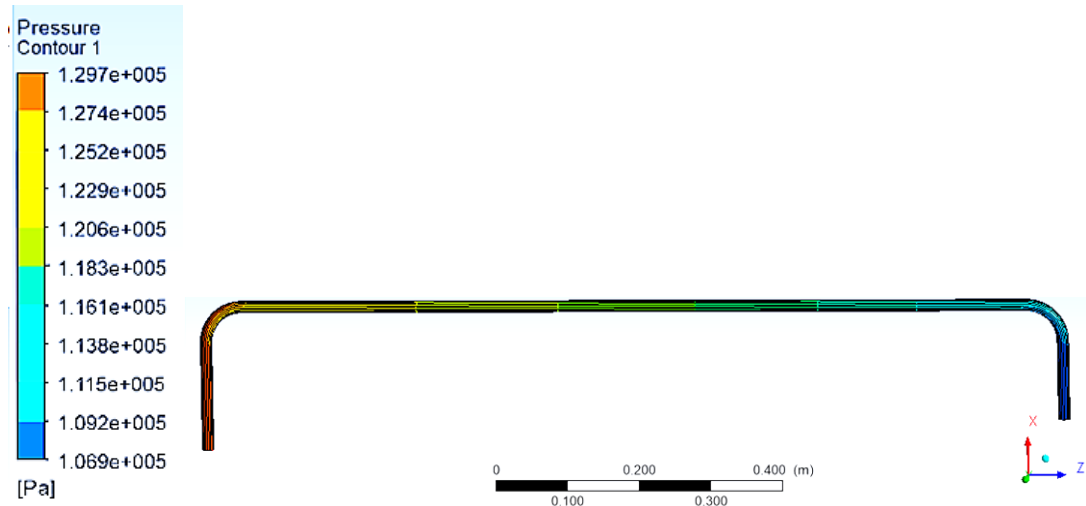


Figura 5. Resultados simulados de caída de presión en tubería.

Para la simulación se estableció la presión a la entrada de 129.7 kPa (~130 kPa), que corresponde a la magnitud definida para que el vapor tenga suficiente presión a la salida para contribuir en el proceso de combustión. En la salida de la tubería la presión es de 106 kPa, con lo que establece una pérdida en la tubería por los cambios de dirección y direccionamiento a la zona del hogar de la caldera de 23 kPa.

Pruebas preliminares en la zona de combustión

Se realizaron pruebas preliminares para verificar el aporte del sistema de generación de vapor con gases de desecho para mejorar en el proceso de combustión de la caldera. Por las características del vapor de agua, y la humedad de éste es posible que el efecto de inyectar vapor en la zona de combustión resultara adverso. Sin embargo, de las pruebas preliminares se constató que el vapor direccionado al hogar de combustión de la caldera cumple con dos de las condiciones para que se produzca la combustión; es decir, contribuye a elevar la temperatura en el entorno del combustible e incrementa el flujo de oxígeno en el hogar, con lo que se mejora el proceso de combustión y se reducen los inquemados de la biomasa sólida.

En las pruebas preliminares se realizó un primer ciclo para alcanzar la temperatura de trabajo, con la quema de combustible y el recipiente de recuperación de energía colocado en la chimenea. La prueba preliminar se realizó al final de la combustión de la biomasa, cuando solo se mantenían algunas brazas en el hogar de combustión, entonces se colocó un trozo de leña de 25 cm de longitud y 15 cm de diámetro. En esas condiciones la pieza de leña es difícil que encienda y genere flama, pero al modificar el proceso de combustión con la inyección de vapor del recipiente de la chimenea hacia la zona de combustión de la caldera, la pieza de leña encendió rápidamente. Con lo cual se verificó la viabilidad del sistema de recuperación propuesto. Para cuyo proceso de retroalimentación de vapor no se requirió de energía adicional para avivar el fuego o de otro tipo de energía para adicionar oxígeno en la combustión; sino que la inyección de vapor obtenido de la energía de desecho de los gases de la combustión se convirtió en un sistema parcialmente pasivo (en cuanto a energía adicional) para avivar el fuego. La Figura 6 muestra de forma representativa la condición para la verificación en la mejora del proceso de combustión en el hogar de la caldera con la inyección del vapor.



Figura 6. Resultado representativo del direccionamiento de vapor al hogar de combustión.

De acuerdo con las pruebas preliminares realizadas, en las que se direcciona el vapor del contenedor de agua del recipiente de 4 L hacia el fuego, la presión necesaria para que el combustible encendiera más rápido y la intensidad de la flama aumente se obtuvo en el rango de 103 kPa a 138 kPa. Lo cual corresponde con las consideraciones tomadas para el diseño del recipiente de 4 L al colocar y las presiones y caídas de ésta en la tubería analizada mediante simulaciones.

Comparación de las series para el sistema de recuperación

Para la comparación de los resultados de ambas series de pruebas, con y sin el sistema de recuperación de energía en la chimenea, se considera como punto de corte la presión requerida del fluido de trabajo en la caldera. Los resultados de las pruebas para la serie sin usar el sistema de recuperación de energía de la combustión se presentan en la Tabla 1, mientras que en la Tabla 2 se muestran los resultados con el sistema diseñado en este estudio.

Tabla 1. Resultados de la serie sin el sistema de recuperación de energía de gases de la combustión.

Repetición	Agua en el contenedor [l]	Tiempo alcanzar 550 kPa [min]	Tiempo de giro de la turbina [s]	Flujo másico a la turbina [kg/h]
1	12	33	500	38.8
2	10.5	11	473	37.53
3	9	12	482	41.05
4	7.5	12	476	40.86
5	6	14	480	41.12

Tabla 2. Resultados de la serie con el sistema de recuperación de energía de gases de la combustión.

Repetición	Agua en el contenedor [l]	Tiempo alcanzar 550 kPa [min]	Tiempo de giro de la turbina [s]	Flujo másico a la turbina [kg/h]
1	12	33	508	38.2
2	10.5	10	485	36.83
3	9	9.5	489	40.05
4	7.5	10	488	44.86
5	6	10	490	45.12

Los resultados muestran una reducción de tiempo para las repeticiones de la serie 2 a partir del segundo ciclo, en comparación a los tiempos de la serie 1. Esta diferencia obedece al direccionamiento del vapor recuperado de la energía de los gases de desecho de la chimenea. En la repetición 1 de cada serie se observa que el tiempo para alcanzar la presión de trabajo es prácticamente el mismo, dado que es en esa repetición inicial se empieza con la recuperación de energía de desecho, y ésta no tiene influencia en el primer ciclo. En ese sentido, el vapor recuperado de la energía de los gases de desecho inicia a aplicarse en el hogar de combustión a partir de la repetición número 2.

La Figura 7 muestra la reducción comparativa en porcentaje del tiempo para lograr la presión de trabajo que se obtiene de los valores de las series, los cambios se grafica a partir de la segunda repetición, ya que como se indicó no se tiene efecto en la primera repetición. De donde se observa la tendencia a la disminución en tiempo en la serie 2 en cada repetición subsecuente que se tiene para lograr la presión de trabajo en la caldera, llegando a aproximadamente al 30 % de reducción en la repetición número 5 para las candidaciones con y sin el sistema de recuperación de energía.

La disminución en tiempo entre repeticiones subsecuentes obedece a tener menor cantidad de agua a evaporar en la caldera; esto es, conforme aumenta el número de repetición (para estas pruebas en particular), se tiene menor volumen de agua a evaporar porque no se realimenta el sistema. También a esta razón se le atribuyen que, al tener una flama mayor en el hogar de combustión, por la inyección de oxígeno a través del vapor, los tiempos para alcanzar la presión de trabajo presentan la tendencia a disminuir en comparación con el sistema cuando no se usa el sistema de recuperación de energía de los gases de la combustión, como se observa de la Figura 7.

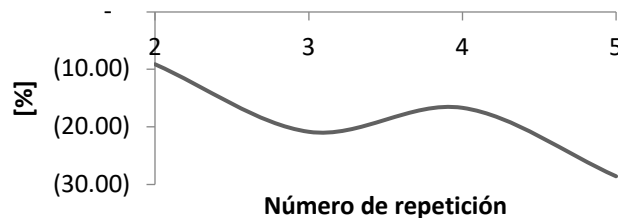


Figura 7. Diferencia del tiempo en alcanzar a la presión de trabajo en e sistema generador de vapor.

De los datos presentados en las Tablas 1 y 2, se aprecia que prácticamente es el mismo flujo y tiempo de operación de la microturbina de adhesión y del flujo másico que se alimenta a ésta. La variación, de forma global, dentro de esas cantidades registradas oscila alrededor del 2 %, por lo que se considera prácticamente el mismo valor para el sistema con o sin sistema de recuperación de energía de los gases de desecho. Esa condición era la esperada, ya que independientemente del tiempo para lograr la presión de trabajo en la caldera, el sistema evapora la misma cantidad

de agua entre cada repetición y entrega la misma cantidad de fluido a la microturbina. En ese sentido, no se afecta el funcionamiento de la turbina, pero si se mejora la condición de combustión en el hogar de la caldera y se reduce el tiempo que se requiere entre un ciclo y otro para alcanzar la presión de trabajo. Adicionalmente, con este sistema de inyección de vapor a la región de combustión se logra reducir los inquemados de la biomasa sólida, al avivar el fuego forzando la circulación de oxígeno en esa zona. Esta mejora se logra sin la necesidad de consumir más combustible u otro tipo de energía en el sistema, solo con la captación de energía calorífica de desecho en la chimenea.

De lo anterior se establece que al avivar el fuego con vapor obtenido de la recuperación del calor de los gases de desecho de la combustión de la chimenea de la caldera se disminuye el tiempo en alcanzar la presión y temperatura de trabajo del fluido, para alimentar la turbina de adhesión del sistema a de microgeneración. Así mismo, con el direccionamiento de vapor a la zona de combustión se mejora la intensidad y la altura de una flama razonablemente constante y permite ahorro en el consumo de combustible.

CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de recuperación de energía de los gases de desecho de la combustión el hogar de una caldera que funciona a base de biomasa sólida, específicamente a base de residuos forestales. El sistema diseñado permite favorecer la combustión completa del trozo de biomasa sólida y contribuye a liberar su poder calorífico. La recuperación de energía de los gases de combustión se realiza a la salida de la chimenea del sistema. El sistema de recuperación genera vapor que se canaliza a la zona de combustión para aumentar la intensidad y la altura de la flama.

El sistema de recuperación reduce el tiempo en que el vapor alcanza la presión de trabajo dentro de la caldera. La reducción en tiempo se obtuvo hasta de 30 % respecto al sistema sin recuperación de energía. El sistema de recuperación favorece la ignición y proceso de combustión, aumenta la intensidad y la altura de la flama, y el combustible se quema eliminando los inquemados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü, Kuşkayad, S., (2017), Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 830-845.
- Compton, M., y Rezaie B., (2018), Investigating steam turbine feasibility to improve the sustainability of a biomass boiler using TRNSYS, *Sustainable Cities and Society*, 43, November 2018, 86-94
- CONAFOR Comisión Nacional Forestal (2017), Manual para la elaboración de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal, <https://www.gob.mx/conafor/documentos/manual-para-la-elaboracion-de-proyectos-de-generacion-de-energia-a-partir-de-biomasa-forestal>, último acceso 10 de septiembre de 2021.
- Frigo, S., Gabbriellib, R., Linari, L., (2018), Feasibility study of a CHP plant with steam turbine and biomass gasification for tissue paper production, *Energy Procedia*, 148 (2018), 751–757.
- Gleizer, S., Ben-Nissan, R., Bar-On, Y.M., Antonovsky, N., Noor, E., Zohar, Y., Jona, G., Krieger, E., Shamshoum, M., Bar-Even, a., Y Milo, r., (2019), Conversion of *Escherichia coli* to Generate All Biomass Carbon from CO₂, *Cell*, 179, 1255–1263, November 27, 2019.
- Moharamian, A., Soltani, S., Rosen, M. A., Mahmoudi, S.M.S., y Morosuk, T., (2018), Exergoeconomic analysis of natural gas fired and biomass post-fired combined cycle with hydrogen injection into the combustion chamber, *Journal of Cleaner Production* (2018), doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.156
- Pang, S., (2019), Advances in thermochemical conversion of woody biomass to energy, fuels and chemicals, *Biotechnology Advances*, 37(4), 589-597.
- Sulaiman, C., Abdul-Rahim, A.S., Ofozor C., (2020), Does wood biomass energy use reduce CO₂ emissions in European Union member countries? Evidence from 27 members, *Journal of Cleaner Production*, 253, 20 April 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119996>
- Toklu, E., (2017), Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy*, 107, 235-244.
- Tripathi¹, N., Hills¹, C. D., Singh, R. S. y Atkinson C. J., (2019), Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource, *npj Climate and Atmospheric Science* (2019) 2:35.

ESTUDIO DE DIFERENTES TIPOS DE RESIDUOS DE MADERA COMO COMBUSTIBLE RENOVABLE

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ¹, MARCOS BEDOLLA HERNÁNDEZ², VICENTE FLORES LARA³

RESUMEN

El trabajo se enfoca en el aprovechamiento de recursos forestales residuales como alternativa considerada para combustibles renovables. Para el estudio se consideran los residuos de las variedades de árboles de pino, oyamel y encino, que están disponibles en México. El estudio aborda desde el proceso de recolección y fragmentación de la biomasa residual de árboles secos, para estar en posibilidades de usar ésta en un generador de vapor de tamaño reducido. Se realizó el diseño del sistema de combustión y generación de vapor, que permite analizar las condiciones de combustión para astillas y trozos de madera, que se constituye como el combustible de la biomasa sólida de residuo forestal. A través de pruebas se cuantifican los parámetros de tiempo de ignición, temperatura máxima, presión máxima, tiempo de temperatura máxima, tiempo para lograr la presión de trabajo en el generador de vapor de tamaño reducido, y tiempo total de la combustión. Los resultados permiten establecer que esos residuos forestales tienen el poder calorífico para considerarse como combustibles alternativos y pueden generar presiones de trabajo útiles en aspectos de micro generación de energía eléctrica.

Palabras clave: Combustión de biomasa sólida, combustible renovable, generación de vapor, residuo forestal.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. marcos.bh@apizaco.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. vicente.fl@apizaco.tecnm.mx

ABSTRACT

The work focuses on the use of residual forest resources as an alternative for renewable fuels. The study considers the residues of pine, oyamel and oak tree varieties that are available in Mexico. The study considers the process of collection and fragmentation of the residual biomass of dry trees, in order to be able to use it in a steam generator of reduced size. The design of the combustion and steam generation system was carried out, which allows to analyse the combustion conditions for chips and relatively large pieces of wood that constitute the solid forest residue biomass fuel. The tests make it possible to quantify the parameters of ignition time, maximum temperature, maximum pressure, maximum temperature time, time to achieve working pressure in the small steam generator, and total combustion time. The results allow to establish that these forest residues have the calorific value to be considered as alternative fuels and can generate useful working pressures in aspects of microgeneration of electrical energy.

Keywords: Solid biomass combustion, renewable fuel, steam generation, forest residue.

INTRODUCCIÓN

Los residuos forestales es un material biomasico que puede ser utilizado en la generación de energía a través de la combustión. A diferencia de los combustibles fósiles, el dióxido de carbono originado en el proceso de combustión de biomasa es devuelto a la atmósfera, desde donde fue tomado durante el crecimiento de las plantas y árboles. Por lo que se considera que el uso de biomasa como combustible no incrementa el contenido neto de dióxido de carbono en la atmósfera y en consecuencia no contribuye al efecto invernadero (Gleize et al., 2019). También es necesario tomar en cuenta que el proceso de combustión de biomasa es el más sencillo y ampliamente utilizado a lo largo de la historia de la humanidad y en épocas recientes. Ya que la combustión de la biomasa sólida permite y permitió obtener energía térmica, tanto para usos domésticos, como para aplicaciones industriales incluso para la generación de energía eléctrica. Las tecnologías utilizadas para la combustión de la biomasa abarcan una amplia gama de posibilidades que van

desde un sencillo fogón abierto hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria. (Membrillera Serrano, 2018, pág. 29).

Los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, preferentemente, a todos aquellos que se aplican con fines térmicos y eléctricos (Romero, 2010, pág. 2). La biomasa sólida como la leña, el carbón vegetal, y los residuos agrícolas y forestales pueden quemarse directamente para producir calor y eventualmente electricidad sin procesos intermedios para la preparación del combustible. Los biocombustibles de biomasa sólida más importantes se considera que son los constituidos por materiales lignocelulósicos procedentes del sector agrícola o forestal; así como también los provenientes de las industrias de transformación que producen este tipo de residuos sólidos combustibles.

La biomasa forestal puede tener dos roles principales como fuente de energía (GIZ, 2014, pag. 3): a) como combustible no procesado, en aplicaciones térmicas tradicionales, domésticas o artesanales (leña para cocción, calefacción, secado, generación de vapor o calor directo); y b) como diferentes combustibles procesados (astillas, briquetas, pellets de madera, carbón vegetal) utilizables en aplicaciones térmicas y termoeléctricas industriales para generar vapor, calor, y subsecuentemente electricidad. La obtención de energía eléctrica a través de la quema de biomasa sólida se realiza generalmente a través de la quema de biomasa en una caldera (Bilgili, et al., 2017). Dicha combustión calienta el agua que circula por las tuberías de las paredes de la caldera y se convierte en vapor. Posteriormente el vapor se direcciona hacia una turbina, que a su vez se conecta a un generador eléctrico, por lo que se considera que el estudio de aplicación de la biomasa sólida como combustible resulta de interés energético a nivel global. La ventaja con la combustión de la biomasa es que ésta libera el mismo volumen de CO₂ que si se dejara en su descomposición natural, lo cual no alterar el equilibrio ambiental. Se espera que la demanda mundial de energía primaria para el año 2050 se ubique en el rango de 600 EJ a 1000 EJ, por lo que la biomasa podría contribuir entre 25% y 30% de la mezcla futura de energía (Huacuz, 2015, pág. 2).

A partir de residuos de biomasa forestal, el potencial de la industria bioenergética en México se considera enorme, donde además la industria forestal es una actividad de relevancia económica en el país (Ayala Mendivil y Sandoval, 2018). En ese sentido pueden encontrarse beneficios de esta fuente de energía, relacionado con la gran cantidad de materia orgánica de este tipo de combustible. También es necesario poner atención en que los residuos forestales están infrautilizados. Se les consideran residuos forestales a los derivados del aprovechamiento y la transformación industrial de la madera; así como a los residuos que se quedan en el campo derivados de ese mismo proceso. De donde se estima que entre 20 y 60% de la biomasa de los árboles son aprovechados y 50% de la madera en rollo que se procesa en los aserraderos son residuos (García y Masera, 2016, pág. 17). Puede afirmarse que de un árbol corriente se obtienen menos de las dos terceras partes para su ulterior elaboración, mientras el tercio restante o se queda abandonado en los lugares de corte, se quema o lo recogen como leña los habitantes del lugar. Después de la recolección del recurso forestal, sólo un 28 % del árbol se convierte en madera aserrada, quedándose el resto en residuos. Por otro lado, también se considera que de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20%, mientras que un 40% se deja en el campo, en las ramas y raíces, y el otro 40% en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín (Twenergy, 2019). El remanente no aprovechado de biomasa sólida del residuo forestal (unos 90 MtMS/año) queda en el bosque y se pierde por mortalidad, descomposición e incendios, y la mitad de lo procesado en aserraderos queda como residuos (costeros, aserrín, cortezas, despuntes) (GIZ, 2014, pag. 7).

El volumen de la producción forestal en México se divide en dos grandes grupos: maderable y no maderable. El primero constituido por materiales leñosos y el segundo por semillas, resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas, hojas, pencas y tallos. Según el anuario estadístico de la producción forestal 2015, la producción forestal maderable en México fue de 6.1 millones de metros cúbicos-rollo (Semarnat, 2015), por lo que analizar alternativas para el aprovechamiento del residuo forestal resulta de interés.

Los combustibles húmedos, por encima del 60%, pueden ser difíciles de quemar por lo que se requiere de un proceso previo de secado. Los procesos para preparación de la biomasa como combustibles secos incluyen, entre otros, el proceso de astillado, el cual puede realizarse en el lugar de producción o bien ser transportados a la planta industrial donde se astillan con máquinas fijas. En cualquier caso, su proceso de adecuación suele implicar el secado natural de la madera, que permite reducir la humedad y aumentar el poder calorífico del residuo (Membrillera Serrano, 2018, pág. 31). Por otro lado, la leña se debe dejar secar durante varias semanas hasta que pueda ser utilizada. La leña proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y puede producirse localmente por los propios usuarios. Como en el resto de los casos, la energía que producen en la caldera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contengan.

Para el presente estudio se consideró el estado de Puebla, en particular los municipios que presentaron más producción forestal, entre los cuales se encuentra Chignahuapan, Ixtacamaxtitlán, Zacatlán. Para el estudio se consideran los residuos de las variedades de árboles de pino, oyamel y encino, que están disponibles en México. Al respecto se encontró que en México sólo se han estudiado e cuatro especies de encinos, *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. obtusata* y *Q. resinosa*. La cantidad de compuestos principales de la madera de éstas varía del 53.9% al 56.3% para la celulosa, del 18% al 21.8% para pentosanos, y del 15.3% al 22.6% para lignina; mientras que los extractivos están entre 7.2 y 9.5%, y el material inorgánico es del 0.5 al 1.17% (Honorato y Pérez, 2016, pág. 2). Por su parte las especies de pino que se han analizado analizadas fueron *Pinus leiophylla*, *P. montezumae*, *P. ocarpa* y *P. teocote*. De las que se han determinado en la madera de cada especie el pH, las cenizas, el análisis de las cenizas, las sustancias extraíbles, la holocelulosa, la lignina y los taninos. Los resultados encontrados fueron: pH de 4,0 a 4,4; 0,3% de cenizas, con mayor concentración de calcio, potasio y magnesio, 17,9% a 25,4% de solubilidad en sosa; 7,6% a 8,2% de extraíbles totales, en la extracción secuencial, la mayor solubilidad se obtuvo con agua caliente, seguido en proporciones similares con ciclohexano, acetona y

metanol; 68,1% a 74,7% de holocelulosa, 24,0% a 28,5% de lignina y 0,07% a 0,12% para taninos. (Bernabé Santiago, et al., 2013). En su caso el oyamel contiene un pH de 5 a 7, y muy ricos en materia orgánica (hasta 70%, especialmente en horizontes superficiales), y para su crecimiento se prefiere sustratos bien drenados y húmedos la mayor parte del año (Gutiérrez y Dorantes, 2003)

De acuerdo con lo anteriormente el objetivo de este trabajo es contribuir en el aprovechamiento de recursos forestales residuales como alternativa considerada para combustibles renovables. Para lo cual se realizó el diseño de un sistema de combustión y generación de vapor que permite analizar las condiciones de combustión para astillas y trozos de madera residuales que se constituye como combustible. Los resultados permiten establecer que esos residuos forestales del pino, oyamel y encino tienen el poder calorífico para considerarse como combustibles alternativos y pueden generar presiones de trabajo útiles en aspectos de microgeneración de energía eléctrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio desarrollado la materia prima (ramas, copas, serrín, tocón o material no maderables) se recolecta después de la extracción de rollos de árboles, la cual se manejó en dos tipos que fue: a) fragmentada (o triturada) y b) en tiras. Se localizaron árboles secos, con lo cual se contribuye a acelerar el proceso de secado natural de la biomasa del residuo forestal. La extracción del material así identificado se realizó manualmente utilizando serrucho de poda para cortar las ramas y recolectando las porciones correspondientes del suelo. Una vez obtenida la porción del árbol se procede a fragmentar el material obtenido de acuerdo a las configuraciones de la biomasa consideradas (tiras o astillas fragmentadas).

Proceso de fragmentación. Se realizó con un hacha, lo que generó fragmentos que varían aproximadamente entre 0.5x1 plg a 2x3plg. Además, como parte del proceso la biomasa fragmentada se coloca al sol para continuar con el proceso de secado natural y así obtener un mejor combustible.

Proceso de corte de tiras. Se enfocó en ramas con porcentaje de humedad de entre 40 – 50%. Las ramas se cortan en trozos en rangos de 7 a 9 plg de largo, y para un grosor máximo de 1 plg aproximadamente. Para este tipo de material se excluyó la cascara de la madera debido a que la dureza es poca y en el trozado del material no cumplía con las características establecidas para ser considerada como tira.

La Figura 1 muestra de manera representativa (sin escala) la biomasa fragmentada y en tiras.



Figura 1. Clasificación de la biomasa, donde a) fragmentada y b) en tiras.

Además del tamaño de las porciones de biomasa sólida en tiras o fragmentada, se realiza una clasificación por el material en sí; es decir, el material puede ser pino, oyamel o encino, las cuales fueron las especies de residuos forestales consideradas para el estudio, de acuerdo a lo establecido en la parte introductoria de este trabajo. Entonces la biomasa para este caso se agrupa en la clasificación de fragmentada o tiras, y por el tipo de material.

A partir de los grupos establecidos en la clasificación, se usa la siguiente nomenclatura para establecer el tipo de biomasa analizada en las pruebas y relacionarlos con su tamaño y tipo:

BFP: Biomasa fragmentada de pino,

BFE: Biomasa fragmentada de encino,

BFO: Biomasa fragmentada de oyamel,

BTP: Biomasa en tiras de pino,

BTE: Biomasa en tiras de encino,

BTO: Biomasa en tiras de oyamel.

En las pruebas de combustión se usa un generador de vapor de dimensiones reducidas con capacidad para 26.5 L de agua. Que consiste básicamente de un recipiente cilíndrico a presión instrumentado, el cual tiene contacto directo con las flamas generadas de la combustión de biomasa. Para analizar la respuesta de cada una de la división de biomasa usada, se realizan una serie de 3 pruebas iniciales para 1 kg a cada una de éstas (BFP, BFO, BFE, BTP, BTO, BTE), con lo que se obtiene un conjunto de 18 pruebas. Estas sirven para determinar las características principales del combustible de forma unitaria por kg. También, adicional a las pruebas con 1 kg de biomasa se realizará pruebas con masas de 0.5 kg, 1.5 kg, 2 kg y 2.5 kg, para cada uno de los tipos de biomasa y sus correspondientes configuraciones, para usarse como combustible en el generador de vapor de tamaño reducido. Para el inicio del proceso de la combustión en las pruebas, se realizan dos configuraciones de arreglo inicial dependiente del tipo de biomasa, donde la biomasa fragmentada estará en un acomodo piramidal y la biomasa en tiras se configura de arreglo de rejillas de paquetes compactos de las tiras del residuo.

Para establecer la diferencia entre las condiciones de la biomasa usada en todas las pruebas, el tanque a presión contiene una cantidad inicial de 10 litros de agua. Además, con el objeto práctico de realizar las comparaciones, el tiempo de prueba en todos los casos se considera de 60 minutos a partir del inicio de la combustión. Este tiempo se determina como corte, ya que es donde las cantidades menores de biomasa de las pruebas aún presentan valores de presión y temperatura, pero por otro lado las cantidades mayores de biomasa usada en la respectiva prueba puede tenerse un tiempo mayor en su proceso de combustión. En ese sentido se establece el tiempo de 60 minutos de prueba para poder establecer comparaciones entre las diferentes cantidades de biomasa.

El material y equipo a usar en las pruebas consisten en: Caldera de fogón abierto, agua a temperatura ambiente, recipiente graduado de dos litros, bascula de 10 kg, madera fragmentada seca: 10 kg de pino, 10 kg de oyamel, 10 kg de encino; madera en tiras seca: 10 kg de pino, 10 kg de oyamel, 10 kg de encino.

Los parámetros que se monitorean en la caldera durante la combustión corresponden a la temperatura, presión máxima alcanzada por una unidad de masa, el tiempo de combustión, tiempo de ignición, tiempo en llegar a la temperatura máxima.

Para realizar las pruebas con la biomasa fragmentada: a) se llena de tanque con los 10 litros de agua, b) se pesa la biomasa requerida en la prueba, c) se introduce la biomasa en la cámara de combustión, se coloca con la configuración inicial predefinida y se inicia la combustión, d) se procede a tomar lecturas en intervalos de 3 minutos durante toda la prueba.

Para realizar las pruebas con la biomasa en tiras: a) se llena de tanque con los 10 litros de agua, b) se pesa la biomasa en cantidades de 200 g, c) se realizan paquetes de 200 g que se amarran con alambre y se introducen 5 paquetes de la biomasa en la cámara de combustión (1 kg) y se inicia la combustión, d) se proceda a tomar lecturas en intervalos de 3 minutos durante toda la prueba.

Para el monitoreo y análisis de las pruebas de combustión de la biomasa se consideran los siguientes parámetros. Tiempo de ignición (T_i): tiempo que tarda la biomasa en mantener la llama, esto se asocia a cuando visualmente pueda notarse puntos rojos en algunos trozos del combustible. Temperatura máxima (Q): cuando el termómetro no muestre incremento durante un tiempo de 5 minutos, o la temperatura que se define al final del tiempo de prueba. Aumento de temperatura con biomasa (ΔQ): diferencia entre la temperatura máxima menos la temperatura inicial de la biomasa. Tiempo para temperatura máxima (T_{tmax}): Es el tiempo en alcanzar la temperatura máxima después de la ignición. Presión máxima (P_{max}): presión una vez que el manómetro no muestre incremento durante un tiempo aproximado de 5 minutos. Tiempo para presión máxima (T_{pmax}): Es el tiempo que tarda en llegar la presión máxima después de la ignición. g) Velocidad de combustión (V): se calcula mediante $\text{Velocidad de combustión} = \text{masa consumida (g)} / \text{tiempo total tomado (min)}$. Tiempo que dura la flama encendida (T_f):

Es el tiempo que dura la flama encendida después del tiempo de ignición y hasta que esta desaparezca y solo se vea visualmente la radiación térmica del. Tiempo total de combustión (Tt): Es la suma de todos los tiempos del proceso hasta que el carbón no emite calor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez que se cuenta con la biomasa para las pruebas, se inicia con el proceso de secado natural. Se realiza de forma natural con el objeto de no adicionar consumo de energía en tal proceso. Las características al inicio del proceso de secado de los trozos de biomasa se presentan en la Tabla 1, mientras que en la Tabla 2 se presenta la reducción cuantitativa de masa del combustible de acuerdo a su clasificación; es decir, cantidad de masa al inicio el proceso de secado y la cantidad que se obtuvo cuando se considera seca y lista para usarse en el proceso de combustión.

Tabla 1. Características de la biomasa al inicio del proceso de secado.

Característica	Tipo de material de residuo		
	Pino	Encino	Oyamel
% aproximado de humedad	30-35	25-30	25-30
Diámetro máximo [m]	0.2	0.2	0.2
Longitud máxima [m]	1	1	1
Color aparente	Naranja	Gris oscuro	Crema

Tabla 2. Diferencia de masa a causa del secado.

Tipo de biomasa	Humada [kg]	Seco [kg]
BFP	14.09	11.56
BFO	15.40	14.23
BFE	11.37	10.77
BTP	13.60	11.45
BTO	14.34	9.67
BTE	11.62	11.10

Para el desarrollo de las pruebas de combustión con el material fragmentado se forma una configuración piramidal para el inicio del proceso, y para el combustible en tiras se forman paquetes de 200 g. En la Figura 2 se muestra de forma representativa la cuantificación de la biomasa para las pruebas mediante una báscula digital y el arreglo inicial en el hogar de combustión para el material con tiras.

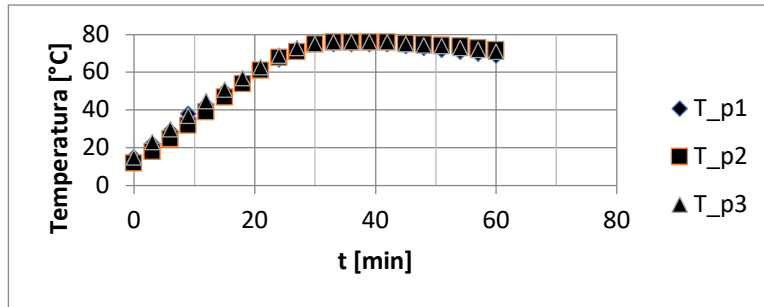
La Figura 3 muestra el comportamiento de la temperatura (Figura 3a) y la presión (Figura 3b) medidas en el tanque del generador de vapor, para las 3 pruebas realizadas con biomasa fragmentada de pino (BFP) con 1 kg de combustible. De las 3 curvas de la Figura 3 se observa que prácticamente se superponen la trayectoria de cada una respecto de las otras, con algunas ligeras variaciones generadas por el propio proceso de combustión y de medición de datos. Sin embargo, la Figura 3 permite observar que la recolección de datos para las pruebas realizadas es consistente en las repeticiones de pruebas para un proceso altamente variable como lo es la combustión de sólidos, por lo que se verifica la efectividad de la toma de datos para las pruebas.



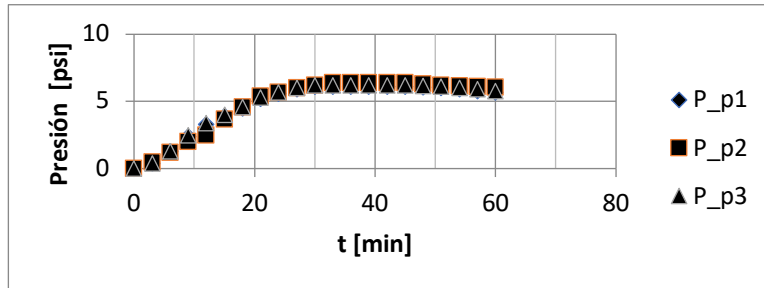
Figura 2. *Cuantificación de biomasa en tiras y b) acomodo inicial en el hogar de combustión.*

De forma análoga a las pruebas BFP, se realizaron una serie de 3 pruebas en cada caso, para todos los tipos de biomasa considerada y para la configuración fragmentada y en tiras. El comportamiento cualitativo para esas series de pruebas fue análogo al observado en la Figura 3, por lo que para simplificación de los datos en el análisis se tomó el valor promedio de cada conjunto de las 3 pruebas de la serie, del correspondiente tipo de biomasa y material para efectos de comparación del combustible.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de la temperatura promedio de las series de los tipos de biomasa considerados. También como se observa de la Figura 3, el comportamiento de la presión y la temperatura tiene trayectorias análogas, situación que se repite para los diferentes tipos de biomasa usados. En función de lo cual la Figura 4 solo muestra las temperaturas promedio de los diferentes tipos de biomasa para 1 kg de combustible usado en las pruebas.



a)



b)

Figura 3. Resultados de tres pruebas de combustión para 1 kg de biomasa sólida BFP, donde a) temperatura y b) presión.

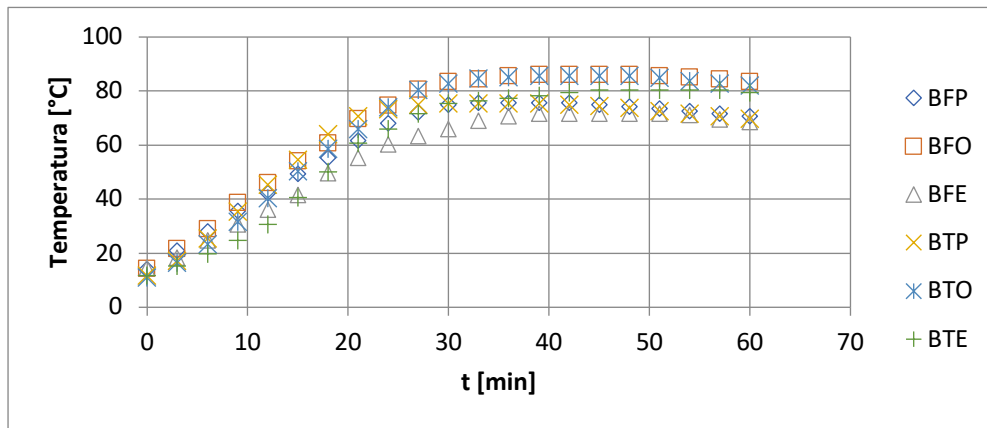
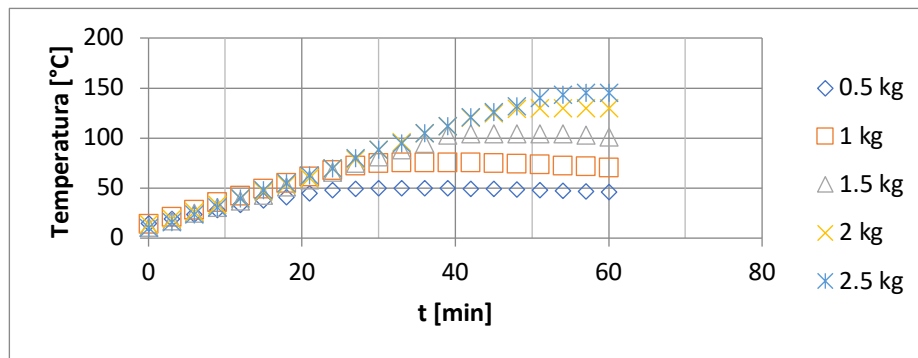


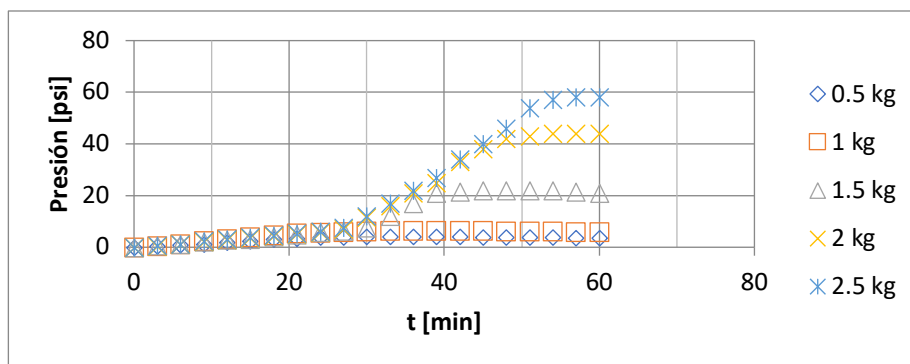
Figura 4. Temperatura de pruebas de combustión para 1 kg de biomasa sólida en sus diferentes tipos.

Los resultados del a Figura 4 permiten observar que para cada tipo de material se obtiene prácticamente la misma curva de temperaturas en función del tiempo que dura la prueba; esto es, la temperatura es consistente independientemente si se tiene un arreglo de tiras o fragmentado. Sin embargo, se aprecia diferencia en los valores máximos de temperaturas para los diferentes tipos de material combustible,

obteniéndose en particular más de 10 °C en las regiones de temperatura máxima obtenida para oyamel en comparación con los otros tipos de combustible renovable. Además de las pruebas con la cantidad unitaria de biomasa (1 kg), se realizaron pruebas con diferentes cantidades de entre 0.5 kg y 2.5 kg con incremento de 0.5 kg. Esas cantidades se definieron por la el volumen respectivo de biomasa que puede alojarse inicialmente en el hogar de combustión del generador de vapor. De forma representativa la Figura 5 muestra el comportamiento de la temperatura y presión para las diferentes cantidades de biomasa usadas en las pruebas con BFP. Donde el tiempo de prueba se establece en 60 minutos, dado que a partir de ese tiempo ya no se presenta incremento de la temperatura y pueden considerarse esos datos para establecer la máxima temperatura que corresponde a cada cantidad de la biomasa.



a)



b)

Figura 5. Resultados de pruebas de combustión para biomasa sólida BFP y diferentes cantidades de masa, donde a) temperatura y b) presión.

Las trayectorias que presentan los datos de la Figura 5 permiten observar que la pendiente inicial en cada una de las curvas es aproximadamente la misma, la cual se mantiene hasta alcanzar la temperatura máxima en cada caso. También se puede observar que cuanto mayor es la cantidad de biomasa usada para la prueba, también es mayor el tiempo que la curva correspondiente de temperatura mantiene la pendiente inicial aproximadamente constante. Se observa que en el rango de 0.5 kg a 2 kg la diferencia de temperatura se aprecia proporcional al incremento en la cantidad de masa usada para la prueba. Sin embargo, ese comportamiento no se aprecia igual para el incremento de 2 kg a 2.5 kg, donde se tiene un menor aumento de temperatura en comparación con los otros incrementos previos de masa del combustible, esto para el tiempo de finalización de la prueba.

El comportamiento representativo de la Figura 5 es análogo cuantitativamente al que se presenta para los otros tipos y características de biomasa analizados. De lo cual se establece que se presenta una cantidad límite para incrementar la temperatura del fluido. Donde para el generador de vapor en particular, y su correspondiente hogar de combustión, usar 2 kg de biomasa es la condición que establece una mejor relación de temperatura/combustible/tiempo de todas las cantidades de biomasa analizadas.

Los valores de temperatura que se obtiene al final del tiempo de prueba se presentan en la Figura 6. Este tiempo se usa como punto de comparación para observar la relación de aumento de temperatura como función de la cantidad de combustible. La temperatura en el minuto 60 no corresponde a la temperatura máxima en todos los casos; sin embargo, sirve para analizar el patrón de cambio de temperatura entre las diferentes cantidades de biomasa. En los datos de la Figura 6 se observa nuevamente que el incremento de temperatura en función del incremento de la cantidad de biomasa es aproximadamente constante para el intervalo de 0.5 kg a 2 kg, mientras que el cambio de temperatura de 2 kg a 2.5 kg ya no presenta el mismo patrón de incremento. A partir de lo cual se verifica que la cantidad que 2 kg de combustible ofrece la mejor relación de combustible/temperatura/tiempo.

En la Tabla 3 se muestra el concentrado de los parámetros monitoreados para cada uno de las 3 pruebas realizadas a cada uno de los tipos y configuración de biomasa usado. De manera análoga la Tabla 4 muestra los parámetros monitoreados en las pruebas para las diferentes cantidades de biomasa y sus configuraciones.

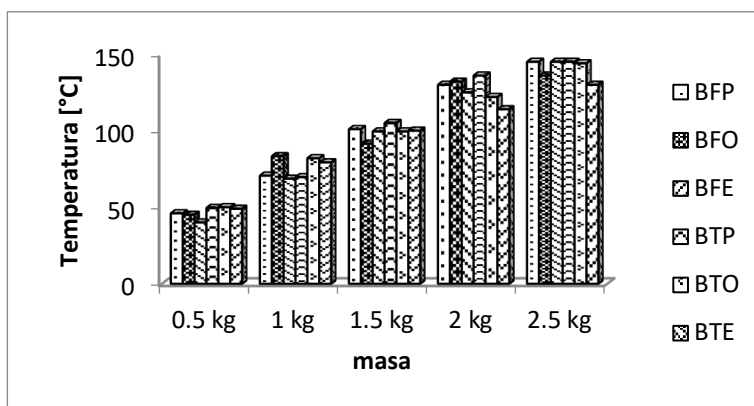


Figura 6. Temperaturas en el minuto 60 para diferentes cantidades y tipos de biomasa sólida.

Tabla 3. Valores de análisis de combustión de 1 kg de biomasa.

Tipo de biomasa	No. de prueba	Ti [s]	Q [°C]	ΔQ [°C]	T _t max [°C]	P _{max} [psi]	T _p max [°C]	V [g/min]	Tf [mn]	Tt [min]
BFP	1	13	75	60	30	6.1	30	16.35	29	61.13
	2	14	76	64	33	6.4	33	16.09	31	62.14
	3	13	76	61	33	6.2	30	16.63	29	60.13
BFO	1	15	85	70	36	9.5	39	17.49	27	57.15
	2	15	87	73	36	10	39	16.35	29	61.15
	3	16	86	72	39	9.8	39	16.62	28	60.16
BFE	1	18	71	57	39	6.2	42	16.08	32	62.18
	2	18	72	57	39	6	42	15.82	33	63.18
	3	18	72	57	39	6.1	42	15.82	34	63.18
BTP	1	27	75	64	27	6.5	27	19.13	22	52.27
	2	28	76	63	27	6.6	27	19.5	21	51.28
	3	29	75	64	30	6.5	30	19.4	21	51.29
BTO	1	35	86	74	36	10.5	36	16.57	27	60.35
	2	35	85	75	39	10.3	39	17.43	27	57.35
	3	40	85.5	74.5	39	10.3	36	16.83	28	59.4
BTE	1	50	81	70	45	9.7	45	17.69	23	56.5
	2	50	80	69	45	9.5	42	17.69	24	56.5
	3	50	80	67	45	9.5	45	17.39	24	57.5

Tabla 4. Valores de análisis de combustión con diferentes masas.

Tipo de biomasa	Masa [kg]	Ti [s]	Q [°C]	ΔQ [°C]	T _{tmax} [°C]	P _{max} [psi]	T _{pmax} [°C]	V [g/min]	Tf [mn]	Tt [min]
BFP	0.5	14	50	35	30	4	30	11.86	23	19
	1	13.3	75.6	61.6	33	6.2	33	16.38	29.6	31.3
	1.5	14	104	93	42	22	45	22.67	42	24
	2	15	130	116	51	44	54	22.18	50	40
BFO	2.5	14	145	135	57	58	57	28.36	58	30
	0.5	14	49	35	30	4.2	30	12.45	22	18
	1	15.3	86	71.7	39	9.7	39	16.82	28	31.3
	1.5	16	116	82	39	28	39	22.33	37	30
BFE	2	16	132	122	51	36	54	21.93	46	45
	2.5	20	136	124	57	50	57	23.36	57	50
	0.5	19	43	31	36	2.6	36	9.96	28	22
	1	18	71.6	57	39	6.1	42	15.82	33	30
BTP	1.5	18	100	88	42	18.5	42	21.07	38	33
	2	20	125	110	54	38	57	22.1	55	35
	2.5	35	146	135	63	64	63	23.5	61	45
	0.5	28	54	41	27	4.6	24	26.82	17	20
BTO	1	28	75.3	63.7	30	6.5	27	19.5	21	30
	1.5	30	110	99	42	23.5	42	24.4	36	25
	2	30	138	123	51	52	51	21.20	49	45
	2.5	35	148	134.5	63	68	66	20.94	63	56
BTE	0.5	28	51	40	36	4.3	36	10.8	26	20
	1	36.6	85.5	74.5	39	10.3	36	16.94	27.3	31.3
	1.5	40	99.5	88.5	51	17	51	15.06	33	33
	2	45	122	111	57	35.5	60	20.52	47	50
	0.5	40	51	41	36	4.2	33	10.54	17	30
	1	50	80.3	68.7	45	9.5	42	17.39	24	33
	1.5	50	100	90	51	17.5	51	19.1	33	45
	2	50	114	104	51	27.9	54	23.12	36	50
	2.5	55	130	120	57	43.5	60	24.37	48	54

A partir de los datos de la Tabla 3 se corrobora que, para cada una de las 3 pruebas realizadas a cada tipo de biomasa y configuración, los parámetros monitoreados se mantienen razonablemente constantes para cada grupo. Esto permite verificar que el proceso de obtención de los datos experimentales es consistente, sin que se presente variaciones anormales dentro de las mediciones experimentales, a causa del propio proceso de combustión. Esta condición se considera particularmente importante, ya que al ser un proceso de combustión con alimentación al hogar solo al inicio del proceso, el comportamiento de la combustión y de la flama en sí mismo es altamente variable, por lo que puede afectar el proceso de obtención de los parámetros monitoreados. Sin embargo, los datos obtenidos reflejan que en el proceso experimental se logró mantener con una adecuada consistencia de flama con cada una de las series de pruebas medidas. También se aprecia que el mayor incremento de temperatura (ΔQ) se presenta para el oyamel, ya sea en fragmento o en tiras. Lo que conduce en consecuencia a obtener las mayores presiones en el recipiente del generador de vapor.

De la Tabla 4 se corrobora que el menor incremento en ΔQ para las diferentes cantidades de material combustible se encuentra principalmente en el cambio de 2 kg a 2.5 kg. De lo que se establece que la mejor condición inicial para la carga de combustible es de 2 kg para el sistema en análisis. Esto también se relaciona con el parámetro de velocidad de combustión que se presenta para 2.5 kg, en el cual prácticamente en todos los tipos de biomasa analizado tiene la mayor velocidad de combustión. Lo que indica que se consume más masa por unidad de tiempo, sin que eso repercuta en una mayor pendiente en la curva de temperatura o presión, se observa que solo se consume más masa.

CONCLUSIONES

Se realizó el estudio de tres tipos de residuo forestal viables para la región centro del país para usarse como combustibles renovables en los procesos de microgeneración. A partir de las pruebas realizadas se concluye que es mínimo el efecto de la forma del residuo triturado, fragmentado o en tiras en el cambio de temperatura obtenido de la combustión. Por lo que se establece que el residuo de aserrados o disponible a pie de árbol puede usarse como combustible renovable, una vez que se encuentra seco. Se concluye que todos los tipos de biomasa analizados se comportan de manera semejante en los parámetros monitoreados (parámetros de tiempo de ignición, temperatura máxima, presión máxima, tiempo de temperatura máxima, tiempo para lograr la presión de trabajo en el generador de vapor de tamaño reducido, y tiempo total de la combustión), pero el oyamel presenta mayor temperatura máxima, por lo que se establece como preferente para usarse como combustible. Se estableció como función de la velocidad de combustión y de las temperaturas máximas obtenidas que para el sistema en estudio tiene como carga límite de combustible 2 kg de biomasa, por su relación de temperatura, incremento de temperatura y velocidad de combustión.

En forma general se concluye que todos los residuos de biomasa analizados tienen potencial aplicación en la generación de vapor, y las presiones que generan están en el rango viable para aplicación en sistemas de microgeneración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala Mendivil, N.y Sandoval, G., (2018), Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera, *Madera y bosques* [online], 24(num. esp), e2401877, doi:10.21829/myb.2018.2401877.
- Bernabé-Santiago, R., L.E. Ávila-Calderón y J.G. Rutiaga-Quíñones. 2013. Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. *Madera y Bosques*, 19(2):21-35.
- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü, Kuşkayad, S., (2017), Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 830-845.
- García, C. A., y Masera, O. (2016). Estado del arte de la bionergía en México. México: Imagia Comunicación. Imagia Comunicación S. de RL. de CV., <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/09/6d95688b94fb96e56675c3ff6387225f-2.pdf>
- GIZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2014, Tecnologías de aprovechamiento de biomasa forestal para energía en México Viabilidad y recomendaciones generales para su selección, https://energypedia.info/images/9/99/GIZ_Tecnolog%C3%ADas_biomasa_forestal_2015.pdf
- Gleizer, S., Ben-Nissan, R., Bar-On, Y.M., Antonovsky, N., Noor, E., Zohar, Y., Jona, G., Krieger, E., Shamshoum, M., Bar-Even, a., Y Milo, r., (2019), Conversion of *Escherichia colito* Generate All Biomass Carbon from CO₂, *Cell*, 179, 1255–1263, November 27, 2019
- Gutiérrez, L., y Dorantes, J. (2003). Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Obtenido de <http://www.verarboles.com/Oyamel/oyamel.html>
- Honorato, A., y Pérez, J., (2016). Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla. *Madera y Bosques*. 4. 79. 10.21829/myb.1998.421361.
- Huacuz J.M., (2015), La biomasa en la transición energética de México, *Boletín IIE*, abril-junio 2015, <https://www.ineel.mx/boletin022015/divulga.pdf>
- Membrillera Serrano, B. (2018), Aplicación de la biomasa a la generación de energía térmica. Análisis de instalaciones, [Trabajo Fin de Máster, Departamento de Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla], <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/81486/TFM-1148-MEMBRILLERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero S. A., (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fosiles. Obtenido de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>
- Twenergy, (1 MAYO, 2019), La biomasa forestal se abre paso en México, *Energía renovables*, <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/la-biomasa-forestal-se-abre-paso-en-mexico-1225/>

ESTUDIO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO ALTERNATIVA DE COMBUSTIBLE RENOVABLE

JORGE BEDOLLA HERNÁNDEZ¹, VICENTE FLORES LARA², MARÍA GUADALUPE RECOBA LÓPEZ³

RESUMEN

El trabajo se enfoca en el análisis del potencial aprovechamiento de residuos agrícolas de desecho, como alternativa considerada para combustibles renovables. Para el estudio se consideran como biomasa sólida 4 tipos de residuos agrícolas correspondientes a olote de mazorca, paja de frijol, mezote de maguey, y cascara de cacahuete. Para analizar su potencial aplicación como combustible renovable, a la biomasa sólida se practican diversos tratamientos de acondicionamiento para la mejora de la combustión, como la fabricación de briquetas con los residuos. Se analizan diferentes factores en el proceso de la elaboración de las briquetas, tanto en la fase de molienda y tamizado, como en la fase de aglomerado y secado de la briqueta. Se realiza el análisis de la composición de las briquetas en función de su humedad, material volátil y su poder calorífico. A partir de lo cual se realizan las pruebas experimentales para establecer su temperatura máxima, la tasa de quema y el tiempo total de combustión. Los resultados permiten establecer que esos residuos agrícolas pueden considerarse como combustibles alternativos por el poder calorífico que presenta y que pueden aplicarse en proceso de cocción, entre otros.

Palabras clave: Combustión de biomasa sólida, combustible renovable, generación de vapor, residuos agrícolas.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. jorge.bh@apizaco.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. vicente.fl@apizaco.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco. 16370497@apizaco.tecnm.mx

ABSTRACT

The work focuses on the analysis of the potential use of waste agricultural residues as an alternative considered for renewable fuels. For the study, four types of agricultural residues are considered as solid biomass, corresponding to corn cob, bean straw, maguey mezote, and peanut shells. In order to analyse its potential application as a renewable fuel, the solid biomass is subjected to various conditioning treatments to improve combustion, such as the manufacture of briquettes from the residues. Different factors in the briquette production process are analysed, both in the grinding and sieving phase, as well as in the briquette agglomeration and drying phase. The composition of the briquettes is analysed in terms of moisture, volatile material and calorific value. Experimental tests are then carried out to establish their maximum temperature, burning rate and total combustion time. The results allow us to establish that these agricultural residues can be considered as alternative fuels due to their calorific value and that they can be used in cooking processes, among others.

Keywords: Solid biomass combustion, renewable fuel, steam generation, agricultural residues.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se presenta un constante incremento en la demanda de energía, en sus diferentes formas, para cubrir necesidades en los diversos ámbitos de la vida cotidiana. Junto con esa demanda es un hecho que también se incrementa en forma directa la demanda en el requerimiento de combustibles para atender a la transformación de combustibles en energía. Donde el costo de los combustibles y su disponibilidad hacen presentar la necesidad de diversificación y búsqueda de alternativas viables, para usarse por ejemplo en la generación de energía eléctrica. Dentro de las posibles alternativas que pueden contribuir a la solución de ampliar la gama de disponibilidad de fuentes de energía, y que cuyos combustibles respectivos presenten además reducidos impactos en la generación de bióxido de carbono, se encuentra la biomasa sólida proveniente de residuos forestales y agrícolas (Bilgili et al., 2017). Ya que en el aspecto ambiental, la combustión de la biomasa libera

parte de la energía almacenada en las plantas durante su crecimiento. En ese sentido, la combustión de la biomasa no contribuye al incremento del volumen neto de dióxido de carbono en la tierra (Gleizer et al., 2019), ya que solo el bióxido de carbono capturado por las plantas durante la fotosíntesis se libera en el proceso de combustión; es decir, el dióxido de carbono generado en la combustión de la biomasa no incrementa el ya existente en el planeta. Lo anterior permite considerar a la biomasa como neutra en lo que respecta a emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, también es común que los residuos de las cosechas agrícolas puedan llegar a convertirse en un problema, al acumularse al final de ciclo de cultivo, convirtiéndose en basura. Donde para resolver ese problema, los campesinos suelen quemar los residuos de la cosecha a cielo abierto ocasionando con esto contaminantes con partículas suspendidas y sus correspondientes implicaciones (Quintero y Moncada, 2008), o pueden optar por arrojarlos a fuente hídricas para despejar los terrenos, todo esto para no tener que cubrir sobre-costos al transportarlo o darles un tratamiento secundario. Si bien, es necesario permitir que parte del rastrojo se mantenga en el campo de cultivo para evitar la erosión del suelo, también es cierto que se requiere limpiar el terreno y preparar la tierra para los subsecuentes ciclos agrícolas. Es por ello que muchos agricultores optan por realizar quemas agrícolas a cielo abierto para despojarse del bagazo o paja residual después de la cosecha, ya que al no contar con un proceso predefinido en el uso secundario de residuos diferente a que sea un consumible en el sector ganadero, los residuos se vuelven un problema.

De acuerdo con lo anterior, el optar por la utilización de los residuos agrícolas crea nuevas oportunidades para aprovechar la energía interna que la planta absorbió durante su periodo de crecimiento, y a la vez con esto se pueda conseguir emisiones neutras en gases de efecto invernadero. En ese escenario resulta conveniente buscar un subproceso para los residuos de los cultivos y que a la vez se pueda contribuirse con la diversificación de combustibles renovables para generación de energía. Ya que, en México, por ejemplo, la agricultura produce una cantidad de

desechos potencialmente aprovechables, cerca de 60.13 millones de toneladas de materia seca (Trejo, 2018).

Puede considerarse que la biomasa agrícola es un desecho que representa daños al medio ambiente al no administrarse de manera adecuada. Los residuos agrícolas, al no contar aparentemente con un valor económico se convierten en un problema. Sin embargo, diversos materiales biomásicos de desecho primario puede representar ventajas económicas, tales como los restos de poda de vid, olivo o frutales, la leña, las cortezas y los restos de podas y aclareos de las masas forestales; así como, los residuos de cortezas o vainas de productos agrícolas son materia que puede ser empleada en la elaboración de biocombustibles sólidos de origen agrario (Romero, 2010, pág. 10), con lo cual se obtiene un valor agregado se esos residuos.

Se cuenta con diversos procesos para la conversión de biomasa sólida en energía, donde unos de los más ampliamente usados es la combustión, a partir de la cual la biomasa puede genera calor y posteriormente usarse esa fuente térmica para la generación de vapor que eventualmente después se transforma en energía mecánica y/o eléctrica. Sin embargo, la biomasa sólida resultante de los residuos agrícolas en la forma que se obtiene en los lugares de producción generalmente no cuenta con las características requeridas para aplicarse en los procesos de conversión de energía. Por lo que de forma general se requiere algún tipo de preproceso para pre-acondicionar la biomasa a usarse como combustible (Kee Lam, et al., 2019), entre los que se encuentran procesos naturales y procesos forzados. Estos también varían en la fase de aplicación, que pueden ser desde el proceso de secado en forma natural, en la conformación de geometrías particulares de la biomasa o en la aplicación del combustible en los procesos de conversión de energía.

Dentro de las posibles alternativas de pre-proceso de la biomasa sólida para aplicarse como combustible, una forma particular en que se trabajan los residuos agrícolas para aumentar su poder calorífico son las briquetas o biobriquetas (Suryaningsih, 2020). Las cuales corresponden de forma general a cilindros compactos y que tienen usos similares a la leña, en el sentido de que éstas se

introducen directamente como combustible en las calderas preparadas para este fin (Membrillera Serrano, 2018, pág. 32). Las briquetas y pellets son combustibles aglomerados cuya combustión es más atractiva ambientalmente, debido a que reduce las emanaciones de CO₂ en un 50% (Chungcharoen y Srisang, 2020) y poseen bajas concentraciones de azufre y nitrógeno entre 0,004 – 0,007% y 0,05 – 0,16%, comparado con la combustión de leña o astillas (Hoyos, et al., 2019).

En función del material con que se construye la briketa, ésta puede requerir de aditivos o aglutinantes para mantener la forma compacta de la briketa y mejorar su poder calorífico, en comparación con el material disperso. El poder calífico del combustible de la briketa se relaciona con la cantidad de calor por unida de masa que libera durante la combustión. A su vez, eso se relaciona con la forma en que se aglutina el material, el tamaño del grano que se compacta y la fuerza de compactación para formar la briketa (Sunnu, et al., 2021), lo cual también está normado para tener requerimientos mínimos de aplicación de las briquetas de biomasa solida por la DIN 51731 (Krizan, 2015).

De acuerdo con la tendencia en los incrementos en la demanda de combustible para la generación de energía, el problema que pueden representar los residuos agrícolas, tanto para el ambiente como en el aspecto económico; también considerando que es de interés actual el aprovechamiento de los residuos de biomasa sólida en biocombustibles de material posprocesado, en el presente estudio se consideran esos aspectos para contribuir en la búsqueda de solución a esas consideraciones. En función de lo cual se analiza la viabilidad del uso de residuos agrícolas para sumar en la creación de combustibles sólidos que sean capaces de sustituir a los combustibles fósiles, los cuales en la actualidad son los más comúnmente utilizados para la generación de energía térmica. Los materiales de biomasa para este estudio que se obtienen de residuos de productos agrícola son el olote (del cual se considera que de cada tonelada de maíz se obtiene 170 kg) la paja de la planta de frijol, el mezote de maguey y la cascara del cacahuete.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objeto de aprovechar los residuos agrícolas y mejorar las condiciones de densidad de ese tipo de biocombustible se preparan briquetas con olote, paja de planta de frijol, mezote de maguey y la cascara del cacahuete. El proceso que se usa para la obtención de las briquetas inicia desde la recolección del material biomásico, lo cual se realiza posterior a la recolección del fruto o semilla propia de la planta. Por tratarse de diferentes materiales el proceso de recolección varía en cada caso para el residuo en cuestión. Para el caso particular del olote, éste se obtiene después del proceso de secado del maíz y posterior al desgranado de la mazorca. En esa condición el olote se considera seco y puede procederse a su recolección para inicio de la preparación de las briquetas. En su caso el residuo del frijol se obtiene también una vez que se retira el grano de frijol, lo cual se realiza cuando la coloración de la paja es amarillenta. En esa condición la paja de frijol es frágil y quebradiza, característica deseable que contribuye también al proceso de molienda de ese residuo. Para el caso del mezote, éste se obtiene una vez que la planta de maguey está completamente seca, lo cual se considera que se presenta cuando el color de la penca se torna café y es evidente el desprendimiento de la piel del mezote. Por su lado la cascara del cacahuete, por el propio proceso para retirar los granos de cacahuete, se tuesta previa a que se separe del fruto. Por lo tanto una vez que se retiran los granos de cacahuete la cascara de éste se considera seca y está lista para la molienda del material residual.

El residuo que se recolecta del material biomásico se somete a un proceso de molienda y posterior tamizado, lo cual se realiza mediante un molino manual y con la ayuda de cribas de denominación comercial #18 y # 20, las cuales tienen apertura de 1 mm y 0.841 mm respectivamente. Entonces el tamaño del grano obtenido al final del tamizado corresponde a las aperturas de las respectivas cribas.

Los aglutinantes en el presente estudio corresponden a distintos almidones, los cuales se consideraron para la conformación de las briquetas en función de su accesibilidad y costo. Se usa almidón de trigo, almidón de maíz y gelatina pulverizada. Las mezclas para el aglutinante se presentan en la Tabla 1, las cuales se obtienen variando sus cantidades en la preparación; es decir, la mezcla de

aglutinante a usar con una porción de 65 gramos de biomasa tamizada se modifica de acuerdo a la composición que se muestra en la Tabla 1.

Las briquetas se preparan de acuerdo a los requisitos del grupo HP1 de la norma DIN 51731, las cuales se conforman con los tipos de biomasa y aglutinantes previamente indicados. El proceso para la elaboración de briquetas consiste en definir la cantidad de biomasa a usar, agregar el aglutinante preparado de acuerdo a la Tabla 1, mezclar los componentes hasta tener una mezcla homogénea, introducir la mezcla en un molde y compactarla, retirarla del molde, pesarla y permitir que seque para eliminar la humedad adicionada con el aglutinante. El molde para las briquetas es cilíndrico de 3.4 cm de radio y 5 cm de altura. Pero por la propia condición del tipo de residuo la densidad varía entre las diferentes briquetas.

Tabla 1. *Porcentaje de aglutinante con relación a la cantidad de biomasa.*

No. Mezcla	Aglutinante	Agua
1	25 g de almidón de trigo	125 ml
2	30 gr gelatina	125 ml
3	25 g almidón de maíz	125 ml

Los tipos de briquetas consideradas en el estudio y sus características se definen en la Tabla 2. La cantidad base de biomasa en cada caso es de 65 g que se combina con la correspondiente mezcla de aglutinante (ver Tabla 1).

Tabla 2. *Características de las briquetas consideradas.*

Designación	Biomasa en la briqueta	Tamaño de partícula [mm]	Mezcla de aglutinante	Masa inicial [g]
BOT1	olote tipo 1	≤ 0.841	1	170
BOT2	olote tipo 2	≤ 1	1	170
BPT1	paja de frijol tipo 1	≤ 0.841	1	200
BPT2	paja de frijol tipo 2	Sin tamizar	1	170
BMT1	mezote tipo 1	≤ 0.841	2	200
BMT2	mezote tipo 2	≤ 0.841	3	200
BMT3	mezote tipo 3	Sin tamizar	1	197
BCT1	cascara de cacahuete tipo 1	≤ 0.841	1	200
BCT2	cascara de cacahuete tipo 2	≤ 1	1	200

Posterior a la elaboración de las briquetas se secan mediante un secador solar, para estar en condiciones de servir como combustible. El proceso de secado se considera completo cuando después de un par de días no varía su masa y se consiguen valores de humedad menores al 10%.

Para la estimación del poder calorífico superior (PCS) a partir de la composición próxima del combustible se usa la ecuación de Jenkins para sólidos

$$PCS = 20180 - 203(\text{Cenizas}) \dots \left(\frac{kJ}{kg} \right) \quad (1)$$

En el análisis de la combustión de las briquetas estudiadas, se monitorea el tiempo de ignición (P), tiempo que tarda el combustible en mantener la flama; tiempo total de combustión (T), el tiempo total del proceso de combustión desde al ignición hasta que se termina la flama; temperatura máxima (Q), valor máximo de la temperatura medida en el hogar de combustión; tiempo para llegar a la temperatura máxima (R), tiempo que le toma al combustible alcanzar la temperatura máxima; y la tasa de combustión (S) que se calcula con la ecuación (2).

$$Tasa\ de\ quema = \frac{\text{masa de cada briketa consumida (g)}}{\text{Tiempo total empleado (min)}} \quad (2)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posterior a la recolección de la biomasa sólida del residuo agrícola que se indica en la sección de materiales y métodos, se procede con la molienda para el conformado de las briquetas. Como muestra representativa, la Figura 1 presenta el molino que se usa para triturar el residuo agrícola; así también de forma ilustrativa, se muestra el olote molido después de pasar por el molino manual. El material molido se hace pasar por cribas de tamaño comercial # 18 y # 20, para tener el material que se usa en las briquetas.

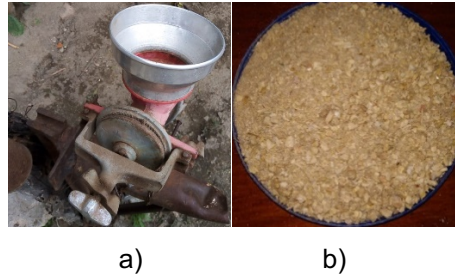


Figura 1. a) Molino manual y b) muestra representativa del biomaterial molido (olote).

Los aglutinantes que se indican en la Tabla 1, se combinan con la biomasa molida y tamizada para obtener la geometría que define a las briquetas, cuyas características se ajustan a los requerimientos del grupo HP1 de la norma DIN 51731. En la Figura 2 muestra de forma representativa las briquetas que se preparan de acuerdo a las designaciones que se indican en la tabla 2.

Para todos los casos de la preparación de las mezclas, la cantidad inicial de biomasa a combinar con las mezclas de aglutinantes es de 65 g, a partir de lo cual se conforman las briquetas designadas en la Tabla 2 (representativamente se presentan en la Figura 2). En la etapa de unir la mezcla aglutinante con la biomasa molida, se aumenta humedad al aglomerado de la biomasa, por lo que en esas condiciones la briqueta requiere de un proceso de secado para corresponder a las características requeridas de combustible. El proceso natural propio del secado conlleva a que al deshidratarse la briqueta disminuye su volumen original, por lo que su densidad antes y después del proceso de secado es considerablemente diferente.

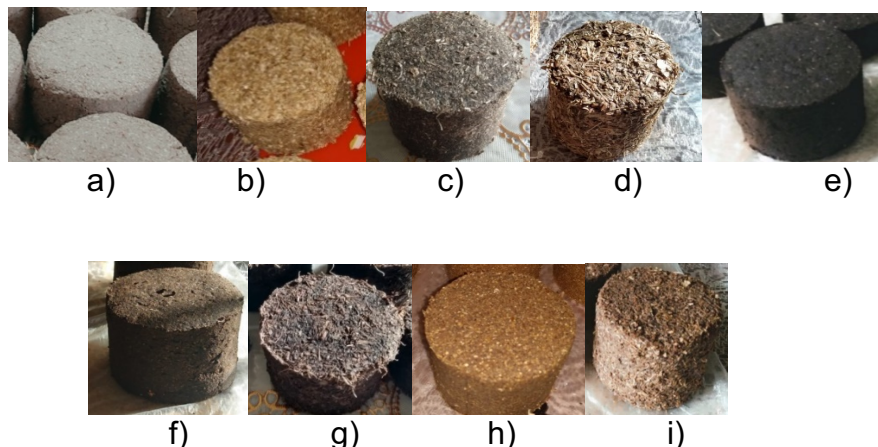


Figura 2. Tipos de broquetas, donde: a) BOT1, b) BOT2, c) BPT1, d) BPT2, e) BMT1, f) BMT2, g) BMT3, h) BCT1, i) BCT2.

En la Figura 3 se muestra la comparación de las densidades inicial y final del proceso de secado, para los diferentes tipos de briquetas que se designan en la Tabla 2. Si bien las geometrías iniciales de las briquetas corresponden a la norma DIN 51731, una vez que concluye el proceso de secado las dimensiones finales de la briketa disminuyen ligeramente, lo cual para condiciones prácticas se considera que no altera la forma nominal ni los requerimientos que se buscan de la briketa.

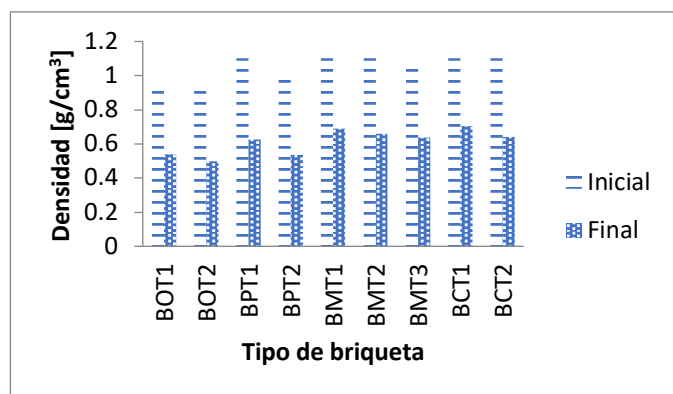


Figura 3. Densidades para los diferentes tipos de briquetas antes y después del proceso de secado.

Las briquetas obtenidas con este proceso se usan como combustible dentro de una estufa para la combustión de la biomasa sólida, la cual se muestra en la Figura 4. El monitoreo de los parámetros de la combustión se centra principalmente en la temperatura en el hogar de combustión y tiempo que toman las diferentes de ese proceso. La cantidad de masa que se agrega como combustible en la correspondiente prueba, depende de la densidad de cada tipo de briketa. La estufa mostrada en la Figura 4 cuenta con un contenedor vertical de briquetas, con capacidad para 6 de éstas que se usan como combustible en la prueba. Las briquetas caen por gravedad al hogar de combustión, desde el contenedor vertical, al irse consumiendo la briketa que se ubica en la parte inferior de la columna de combustible. De acuerdo a las pruebas de combustión para los diferentes tipos de briquetas, los resultados del análisis de combustión para los parámetros P, T, Q, R y S, se presentan en la Tabla 3.



Figura 4. Estufa para la combustión de las briquetas de biomasa sólida.

Tabla 3. Valores de resultados de la combustión de los diferentes tipos de briquetas.

Designación	P [min]	Q [°C]	R [min]	S [g/min]	T[min]
BOT1	10	270	24	1.30	66
BOT2	13	270	28	1.43	60
BPT1	17	240	30	2.08	50
BPT2	16	220	33	1.91	48
BMT1	20	260	40	1.98	51
BMT2	19	270	35	1.68	61
BMT3	23	210	43	1.84	59
BCT1	14	290	38	1.35	76
BCT2	12	280	36	1.45	70

Los resultados mostrados en la Tabla 3 indican que en todos los casos los gases de la combustión supera los 210 °C. Lo que indica que se tiene una temperatura adecuada para generar vapor de aguas o para generar presión al calentar diversos fluidos que se pueden ocupar como fluido de trabajo, para transformar la energía almacenada en la biomasa a energía cinética en el movimiento de un fluido (vapor, por ejemplo), que posteriormente se convierta en energía mecánica en una turbina. Por otro lado, la energía térmica directamente obtenida de la combustión puede usarse en sistemas de trigeneración para sistemas que se ocupen en condiciones de microgeneración, al tener un valor considerable (más de 200 °C). La Tabla 3 también permite apreciar que las briquetas con la menor tasa de quema (S) son las que presentan la mayor temperatura. En consecuencia, una menor tasa también corresponde a un tiempo más largo total de combustión. Las briquetas que se aprecian con la temperatura más elevada, así como con el mayor tiempo total de combustión son las que se elaboraron con la cascara de cacahuate. Mientras que la biomasa combustible obtenida de la paja de la planta de frijol es la que presenta el menor tiempo total de combustión. Sin embargo, como se indicó previamente todas las briquetas presentan temperatura suficiente para considerarse como combustible renovable.

En función de los resultados de las pruebas de combustión de las briquetas y con la ecuación de Jenkins con la relación para combustibles sólidos se establece el poder calorífico superior para los tipos de briquetas probadas. Los resultados obtenidos para los PCS se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. *Valores de PCS de los diferentes tipos de briquetas.*

Designación	PCS [kJ/kg]
BOT1	10,738.47
BOT2	10,030
BPT1	16,473.22
BPT2	15,105
BMT1	9,930.53
BMT2	11,706.78
BMT3	11,800.16
BCT1	15,450.1
BCT2	13,612.95

Los datos obtenidos del poder calorífico para las briquetas desarrolladas las ubican como combustible viable para su aplicación comparable con otros materiales considerados como combustibles sólidos (DOF, 2010).

CONCLUSIONES

Se analizaron briquetas con partículas de dimensiones menores o iguales a 1 mm y diversos aglutinantes naturales. El proceso de conformación de las briquetas es físico, por lo que no implica modificaciones químicas que alterne el poder calorífico de la briketa o representen consumo de combustible adicional para la generación de las mismas.

Todas las briquetas formadas con los residuos agrícolas indicados tienen la temperatura de combustión para general vapor y proporcionar cambio de fase de fluidos de trabajo, para usarse en sistemas de generación de energía. Según el análisis desarrollado, los combustibles sólidos obtenidos de los residuos agrícolas en estudio tienen poder calorífico para ser considerados como tal. Por lo que se concluye que la aplicación de estos residuos como combustibles contribuye a la solución en la creciente demanda de energía y también a reducir los problemas de acumulación de residuos al poder considerarse como materia prima para un subproceso que genere beneficio económico y ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü, Kuşkayad, S., (2017), Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 830-845.
- Chungcharoen ,T., y Srisang, N., (2020), Preparation and characterization of fuel briquettes made from dual agricultural waste: Cashew nut shells and areca nuts, *Journal of Cleaner Production*, 256, 120434, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120434>, (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620304819>).
- DOF, Diario Oficial de la Federación (14/01/2010), LISTA de combustibles que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como sus factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo, http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5128000&fecha=14/01/2010.
- Gleizer, S., Ben-Nissan, R., Bar-On, Y.M., Antonovsky, N., Noor, E., Zohar, Y., Jona, G., Krieger, E., Shamshoum, M., Bar-Even, a., Y Milo, r., (2019), Conversion of *Escherichia colito* Generate All Biomass Carbon from CO₂, *Cell*, 179, 1255–1263, November 27, 2019.
- Hoyos, C. A., González Y. E., Mendoza J. M., (2019), Elaboración de biocombustibles sólidos densificados a partir de la mezcla de dos biomásas residuales, un aglomerante a base de yuca y carbón mineral, propios del departamento de Córdoba, *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3),
- Kee Lam, M. Chun Minh Loy, A. Yusup, S. Teong Lee, K. (2019), *Chapter 9 - Biohydrogen Production From Algae*, Editor(s): Ashok Pandey, S. Venkata Mohan, Jo-Shu Chang, Patrick C. Hallenbeck, Christian Larroche, In *Biomass, Biofuels, Biochemicals, Biohydrogen (Second Edition)*, Elsevier, Pages 219-245, ISBN 9780444642035, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64203-5.00009-5>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444642035000095>)
- Krizan, P. (2015) The Densification Process of Wood Waste. Recuperado el 15 de septiembre 2017. Obtenido de: https://books.google.com.gt/books?id=JAZuCAAQBAJ&pg=PA34&lpg=P A34&dq=Germany+DIN+51731++for+briquettes&source=bl&ots=jeqH0D8 qN9&sig=ynkBum9avXuXZMxZe32C6jX2TQ&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Ger many%20DIN%2051731%20for%20briquettes&f=false.
- Membrillera Serrano, B. (2018), Aplicación de la biomasa a la generación de energía térmica. Análisis de instalaciones, [Trabajo Fin de Máster, Departamento de Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla], <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/81486/TFM-1148-MEMBRILLERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quintero Núñez, Margarito, & Moncada Aguilar, Andrés. (2008). Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja

- California. *Región y sociedad*, 20(43), 3-24. Recuperado en 21 de septiembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252008000300001&lng=es&tlng=es.
- Romero S. A., (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. Obtenido de <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>
- Sunnu, A.K., Adu-Poku, K. A., y Ayetor, G.K., (2021), Production and Characterization of Charred Briquettes from Various Agricultural Waste, *Combustion Science and Technology*, Published online: 12 Sep 2021, <https://doi.org/10.1080/00102202.2021.1977803>.
- Suryaningsih, S., Nurhilal1, O ., Yuliah, Y., y Mulyana, C., (2017), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65 012012, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/65/1/012012/meta>
- Trejo, D., (2018), *Producción de pellets de residuos de cultivo de frijol con máximo contenido energético* [Tesis de maestría, Universidad autónoma de Querétaro]. <http://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1141/1/FQ-0021-Daniel%20Trejo%20Zamudio.pdf>.

DISEÑO DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LATAS DE ALUMINIO PARA MINIMIZAR LA CONTRIBUCIÓN DEL PREDIAL EN EL MUNICIPIO DE TIERRA BLANCA, VER.

ANGELICA MURILLO RAMÍREZ¹, MARÍA DEL ROSARIO MORENO FERNÁNDEZ², EVA MORA COLORADO³,
ALFONSO GARCÉS BÁEZ⁴

RESUMEN

En los últimos años se ha demostrado que la dinámica política entre los tres niveles de gobierno en México ha girado en torno a la conservación y cuidado del medio ambiente, en las instituciones educativas se tiene en cuenta que el planeta está sufriendo las consecuencias de la alta tasas de contaminación; Por tanto, es fundamental proponer proyectos que contribuyan al beneficio del cuidado del medio ambiente. Son varios los materiales que se utilizan para envasar los alimentos consumidos, en el caso de esta investigación se centra en las latas de aluminio debido a que el aluminio tiene altos costos de extracción, sobre todo de energía. Reciclando aluminio, se ahorra el 94% de ese gasto energético, es un material que no pierde propiedades tras varios procesos de reciclaje, todo esto hace que prácticamente todo el aluminio que se utiliza en la industria sea reciclado.

Con la tecnología actual es posible utilizarla para generar proyectos que favorezcan el medio ambiente, por lo que se pudo diseñar un prototipo automatizado para llevar a cabo el proceso de recolección de latas de aluminio, en el que los ciudadanos del municipio de Tierra Blanca, Ver Se ven beneficiados económicamente, ese apoyo económico que el ciudadano acumulará de tal manera que cuando tengamos que hacer el pago del impuesto predial veamos una reducción en el monto a pagar.

Palabras clave: *Prototipo, Medio Ambiente, Proceso Automatizado, Tecnología.*

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca
angelica.murillo@itstb.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca

⁴ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

ABSTRACT

Over the past few years it has been shown that the political dynamics between the three levels of government in Mexico have revolved around the conservation and care of the environment, in educational institutions it is borne in mind that the planet is suffering the consequences of the high pollution rates; Therefore, it is essential to propose projects that contribute to the benefit of environmental care. There are several materials used to package the food consumed, in the case of this research focuses on aluminum cans because aluminum has high extraction costs, especially energy. Recycling aluminum, 94% of that energy cost is saved, it is a material that does not lose properties after several recycling processes, all this means that practically all the aluminum used in the industry is recycled.

With current technology it is possible to use it to generate projects that favor the environment, which is why it was possible to design an automated prototype to carry out the process of collecting aluminum cans, in which the citizens of the municipality of Tierra Blanca, Ver are benefited economically, this economic support that the citizen will accumulate in such a way that when we have to make the payment of the property tax see a reduction in the amount to be paid.

Keywords: *Prototype, Environment, Automated process, Technology*

INTRODUCCIÓN

La alta contaminación es un tema que preocupa a la sociedad por lo cual da auge al reciclado de materiales [1] tales como: Revista internacional de contaminación ambiental, latas de aluminio, papel, PET, vidrio y materia orgánica para ser reutilizada y es que la mayor parte de este material se puede reciclar, entiéndase que reciclar es separar el papel, aluminio, PET, vidrio y materia orgánica para ser reutilizada, ahorrar recursos, disminuir la contaminación, etc. [2]. En el municipio de Tierra Blanca Veracruz se genera una gran cantidad de latas de aluminio que se quedan desperdiciadas en las avenidas, patios, campos, ríos, etc., es por ello que se pensó en este proyecto de investigación, el cual pretende contribuir en la mejora para el cuidado del medio ambiente, desde el punto de vista político el medio ambiente es una visión normativa de lo que habría que hacer de tal forma que las

acciones que se realicen tengan un efecto sobre la sociedad del municipio antes mencionado [3] Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional [en línea] .

El realizar el diseño de un prototipo automatizado que permita hacer el proceso de recolección latas de aluminio permitió poner en práctica diversas áreas del campo de la electrónica para generar la simulación del prototipo [4] Industrial Data del proyecto, esto se realizó con el objetivo de contribuir en el reciclado de envases de latas de aluminio en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz, en este documento se describe la problemática de la investigación, el diseño asistido por computadora, la metodología de investigación, material empleado, hoja de datos, así como el procedimiento completo del diseño para la construcción del prototipo automatizado, entre otros temas. Finalmente se desea que este prototipo sea la punta de lanza para que en un futuro se realice completamente con las dimensiones reales, para que en conjunto con el área de las ciencias computacionales se integre un sistema de desarrollo de software para que puedan los ciudadanos llevar sus latas de aluminio vacías y obtengan el beneficio económico reflejado en la contribución para el pago del predial en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz.

Elementos de la Investigación

A. Planteamiento del problema

Datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) revelan que al día se consumen 15 millones 400 mil latas, mismas que representan un volumen de 240 toneladas. Esto significa que al año se utilizan 10 mil 348.8 millones de latas que pesan 80 mil 640 toneladas [5]. México recolecta latas y otros las aprovechan

El problema que enfrenta México va más allá de la cultura de la recolección [6]. Estamos ante una crisis en el desarrollo de tecnología y falta de infraestructura para el correcto aprovechamiento de desechos; en especial, el aluminio y el PET. Existen empresas que se dedican a ello; sin embargo, los atractivos precios de venta obstaculizan al desarrollo del sector.

En el municipio de Tierra Blanca, Veracruz existe un consumo excesivo de productos en latas de aluminio, es importante fortalecer en el municipio una cultura de recolección, debido a que muchos ciudadanos que consumen productos en latas de aluminio. En la industria de las bebidas se usan latas de aluminio en los refrescos y cervezas siendo los principales productos más consumidos, pues, cada uno, representa alrededor del 40 por ciento de la demanda nacional, mientras que los jugos concentrarían el 20 por ciento restante, al tener que desecharlas, a los ciudadanos se les hace fácil enviarlas directamente al bote de basura, son pocos los ciudadanos que se dedican a recopilar latas vacías para llevarlas a un centro de acopio para su venta. Considerando que el planeta tierra está viviendo una crisis debido a los altos índices de contaminación, se propone realizar un diseño de un prototipo automatizado para el proceso de recolección de latas de aluminio, para lo cual se identificaron todos los elementos y factores que pudieran intervenir para realizarlo [7].

Consideremos que en México se tiran 15 millones 400 mil latas de aluminio al día, serían 10 mil 348.8 millones al año. Se requiere de 65 latas de aluminio vacías para formar un kilo, conociendo esto se obtiene una cifra anual de 80 mil 640 toneladas [8]. Considerando que cada kilo se vende entre 15 y 18 pesos mexicanos, resulta un negocio atractivo a corto plazo, al realizar este análisis se pretende que en un futuro los ciudadanos del municipio de Tierra Blanca, Veracruz, recopilen las latas de aluminio para que las depositen en el prototipo automatizado, de tal forma que cada lata de aluminio pueda aportar un beneficio económico no tangible, sino que se verá reflejado en ir haciendo aportaciones para que la cantidad a pagar en el impuesto del predial disminuya.

B. Diseño Asistido por Computadora

La elaboración de este proyecto requiere de un presupuesto alto, con el cual no se cuenta en este momento; sin embargo, para poder analizar su viabilidad se ha considerado trabajar sobre un prototipo a escala.

Para trabajar sobre las dimensiones adecuadas para este prototipo se realizó un bosquejo en hojas blancas, el cual, posteriormente fue digitalizado utilizando el software SolidWorks [9]. La elección de este software se tomó considerando que

permite realizar una simulación del proceso en cuestión, de esta forma se visualizaron algunos pequeños detalles en los primeros diseños, los cuales fueron modificados y mejorados hasta llegar al diseño final.

Se consideraron las medidas de los dispositivos eléctricos y electrónicos que se requieren para el correcto funcionamiento del prototipo, así como una banda transportadora y un pistón para comprimir las latas de aluminio un poco más pequeños, con los cuales solo se compactará una por una cada lata de aluminio y considerando que el tanque de almacenamiento final guardará un aproximado de 200 unidades.

C. Descripción de los elementos

El prototipo será construido con lámina galvanizada de calibre 22 de espesor [10] y un ángulo de 1" y 1/8 de espesor [11]. Se determinó utilizar el tipo de lámina galvanizada debido a que brindan lo necesario para poder representar el prototipo, así como dar el soporte suficiente para hacer las pruebas con las latas de aluminio, las láminas galvanizadas son fáciles de moldear y fabricar el prototipo automatizado. La soldadura es un proceso de fabricación o escultural que sirve para unir, usualmente dos metales o inclusive polímeros termoplásticos, mediante la fusión del material base y por lo general, la adición de un material de relleno [12]. Este material de relleno se agrega para formar un pozo de material fundido que luego se solidificará al enfriar y formar de esta manera una unión más resistente que el material base. La unión soldada, por lo general requiere protección para los materiales de relleno y así se evite que estos se puedan contaminar u oxidar.

Existen una gran variedad de tipos de soldadura. Los principales tipos usados comúnmente en la industria y en las tareas para la construcción son: la soldadura MIG; soldadura por arco; por gas; soldadura TIG; soldadura MIG. Para este prototipo se utilizó la soldadura por arco [13], debido a que es la más básica de todos los tipos de soldadura y es la más sencilla de dominar. Este tipo de soldadura puede ser utilizada para la manufactura, la construcción y algunas reparaciones.

Metodología utilizada para la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario realizar un conjunto de pasos que permitieran definir el alcance de la investigación; el objetivo fue realizar el diseño del prototipo automatizado para el proceso de recolección de latas de aluminio, es por ello que se utiliza una metodología cuantitativa, en donde el diseño de investigación está centrada en el estudio descriptivo [14], porque se buscó especificar las propiedades, las características, los procesos y objetos que intervienen para realizar su análisis y finalmente proponer un instrumento automatizado que pueda realizar el proceso de recolección de latas de aluminio para minimizar la contribución del predial en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz.

Con la investigación descriptiva se identificaron las propiedades que se requieren para el diseño del prototipo, así mismo se consideraron las medidas que debe de tener para que en el momento de colocar una lata de aluminio vacía, esta puede ser colocada de tal forma que se pueda identificar cada una; también se consideró que el prototipo automatizado tuviera los componentes como motores, banda transportadora, electroimanes, pistones y el sistema de control.

El proceso que debe de realizar el prototipo es que cuando un ciudadano desee llevar latas de aluminio vacías, se coloca el conjunto de latas dentro de una tolva, y de ahí una a una caerá en la banda transportadora la cual las llevará a otra sección del prototipo para que por medio de un electroimán sean retiradas las latas que no sean de aluminio, en caso de que si sea la lata de aluminio entonces se realiza el proceso de compactación por medio de un pistón.

Hoja de características de los dispositivos

a) Descripción

Se presenta una descripción del pistón hidráulico marca Parker, modelo KF2HLT14A14A, utilizado en el prototipo.

- Pistón hidráulico
- Marca Parker
- Modelo 03.25 KF2HLT14A14A
- Serie HH446298A
- Capacidad 3000 Psi

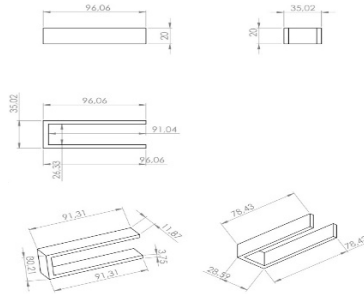


Figura 2. Paredes Metálicas de la banda trasportadora

Los ciudadanos comúnmente introducen latas de materiales diferentes al aluminio; por lo tanto, se debe de tener la certeza de que las latas sean de aluminio únicamente, debido a que se tendrían pérdidas sustanciales en los recursos económicos obtenidos al recopilar latas de otros materiales; se implementó un mecanismo por medio de un par de pistones y un electroimán, que se encargará de retirar las latas que no sean de aluminio y las regresará al ciudadano. Para poder colocar este mecanismo, el prototipo requiere de una base para sujetar los pistones, la cual se muestra en la figura 3.

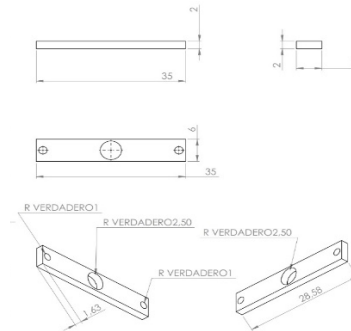


Figura 3. Base sujetadora de pistones.

El prototipo por ser solamente demostrativo tiene dimensiones limitadas, por esta razón se consideró comprimir las latas de aluminio, buscando que se pueda almacenar la mayor cantidad en un depósito de almacenamiento pequeño.

Las latas de aluminio serán comprimidas con un aditamento adaptado a un pistón, tal como se muestra en la figura 4, al momento de caer la lata de aluminio en el espacio, el pistón se accionará para presionar la lata de aluminio hasta reducir su tamaño, permitiendo con esto que pase a través de una rampa que la llevará hasta el depósito de almacenamiento.

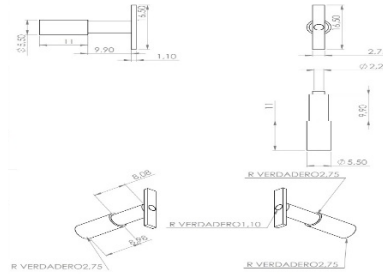


Figura 4. Pistones de compresión de las latas.

En la figura 5 se muestra la caja de compresión de la lata de aluminio y la ranura a través de la cual esta misma pasará para ser almacenada finalmente en el depósito de almacenamiento.

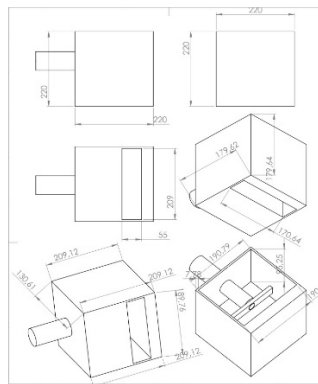


Figura 5. Caja de compresión con pistón.

En la figura 6 se presenta una caja de almacenamiento final, en ella se estarán ubicando todas las latas de aluminio que los ciudadanos llevaron, esta caja de almacenamiento tiene una capacidad de 200 latas de aluminio comprimidas. Una vez que se llene la caja de almacenamiento será responsabilidad del administrador el vaciarla para que entonces se lleve a un centro de acopio para su venta; es importante señalar que por medio de un sistema de desarrollo de software [17] indicará al administrador visualmente la capacidad de la caja de almacenamiento, cabe aclarar que la parte del sistema de desarrollo de software pertenece a otra etapa del proyecto.

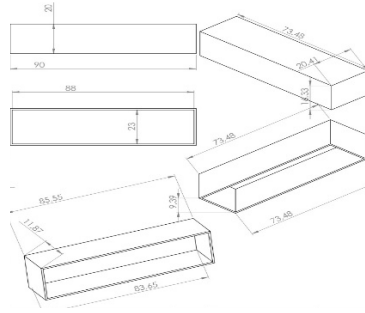


Figura 6. *Caja de almacenamiento final.*

Trabajos Futuros

La forma en que se realizan los productos alimenticios en la industria requiere forzosamente de envases, para que los consumidores puedan hacer uso del contenido; sin embargo, el exceso de envases de desecho de diferentes materiales ha provocado un gran impacto en la contaminación del planeta. Con este proyecto realizado se pretende que en un futuro a corto plazo se avance con la parte del desarrollo de la interfaz de software, incorporando las tecnologías producidas en la cuarta revolución industrial [18] para atacar los problemas de contaminación; una de las tecnologías actuales y de gran impacto es el Internet de las Cosas (IoT) [19], con esta tecnología se logrará realizar un proyecto capaz de contribuir en la recaudación de envases de lata de aluminio a través de un sistema de desarrollo de software, para que en conjunto con el prototipo automático realizado se fusionen y se brinde al municipio de Tierra Blanca Veracruz un proyecto terminado que permita poner en marcha la idea completa, de acuerdo con la cantidad de kilogramos de aluminio que se vayan acumulando durante el periodo determinado y se guardará en una cuenta vinculada al pago del predial del ciudadano, el sistema obtendrá la relación entre el precio actualizado de latas de aluminio y la cantidad de latas de aluminio que fue aportado por el ciudadano. Finalmente se pretende que este proyecto sea de gran impacto para disminuir la contaminación y a su vez se vea beneficiada la sociedad, promoviendo la cultura para el cuidado del medio ambiente.

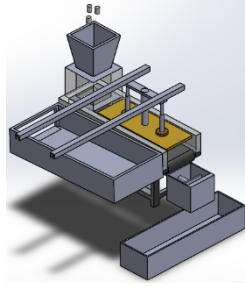


Figura 7. Prototipo ensamblado con vista isométrica.

Una vez finalizada la simulación se generó un vídeo en el que se muestra el funcionamiento completo del dispositivo, desde el momento en que se introducen las latas de aluminio hasta que estas son colocadas en el depósito final, tal como se muestra en la figura 7.

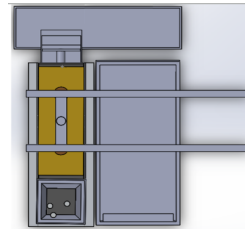


Figura 8. Vista superior del prototipo ensamblado.

La vista superior del prototipo se puede observar en la figura 8 donde muestra la caída de las latas por la tolva y el espacio en donde se realiza el aplastado. En el rectángulo de la derecha se encuentra una rampa en la que el electroimán deposita las latas que no son de aluminio para ser devueltas ciudadano.

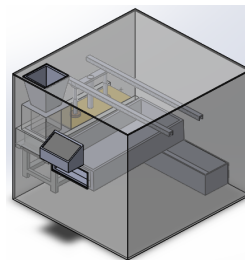


Figura 9. Prototipo terminado.

Como se puede observar en la figura 9 el prototipo terminado con vista del ciudadano.

CONCLUSIONES

Desde el año 2013, México ha participado activamente en la definición y negociación de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU. “Creemos en los valores que animan la agenda 2030: el respeto a los demás, la fraternidad, la solidaridad, el poder crear y estar en un mundo con instituciones multilaterales, el desterrar para siempre el racismo, el que se respete la dignidad humana”. Ésas fueron las palabras de Marcelo Ebrad, Secretario de Relaciones Exteriores Mexicano, durante una reunión con el consejo nacional de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible en la Ciudad de México, este encuentro tuvo lugar el 17 de junio de 2019, y ahí se definió y aprobó la manera en la que México llevará a cabo los objetivos de la ONU por el mundo. Cabe destacar que uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la ONU propuestos en la mencionada reunión, es: “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, es por ello por lo que la investigación presentada aporta soluciones para contribuir en la mejora del medio ambiente [20].

El proyecto que se presenta es la punta de lanza para contribuir en la solución del problema de contaminación por envases de latas de aluminio, es necesario puntualizar que se da inicio con este material; sin embargo, en un futuro se tiene pensado que se pueda identificar envases de diferentes materiales que puedan ser reciclados, de momento es factible solo para envases de latas de aluminio debido a que se requiere de una inversión económica para elaborar físicamente el proyecto. Se debe resaltar su importancia en cuanto a la solución que se le brindará al ambiente, al contar con un proyecto que seleccione envases de latas de aluminio para que se continúe con la cultura de la separación de basura.

En el interior del prototipo se instalará un sistema computacional que contendrá un sistema de información, en la cual permita registrar datos del envase de la lata de aluminio, de acuerdo con la cantidad de kilogramos de aluminio que se vayan acumulando durante el periodo a evaluar, esto se realizará en un corto plazo en el municipio de Tierra Blanca, Veracruz, el sistema obtendrá la relación entre el precio actualizado del aluminio y el peso aportado por el ciudadano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. Ruiz Morales, «Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México,» *Revista internacional de contaminación ambiental*, 02 2012. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100008&lng=es&nrm=iso. [Último acceso: 10 01 2010].
- J. d. J. Ramirez Mondragón, A. Cuevas y Huitron, «Diseño de un compactador de latas de aluminio,» México, 2006.
- E. Torres-Alonso, «Las influencias políticas en el medio ambiente en México,» *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional [en línea]*, n° 5, 2019.
- J. G. P. J. Velásquez Costa, «Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas,» *Industrial Data*, vol. 20, n° 125-130, p. 130, 2017.
- A. Sánchez, «México recolecta latas y otros las aprovechan,» *El financiero*, pp. <https://www.elfinanciero.com.mx/archivo/mexico-recolecta-latas-y-otros-las-aprovechan>, 04 09 2013.
- D. Sarabia, «Es problema de recolección,» *Reforma*, p. 2, 2016.
- «Recicla País 100% de latas de aluminio,» 4 06 2018. [En línea]. Available: <https://antad.net/recicla-pais-100-de-latas-de-aluminio/>. [Último acceso: 5 12 2019].
- Revista electrónica Nueva Mujer*, 2013.
- L. A. Luengas Contreras, C. Casallas, Esperanza y D. Guardiola¹, «Modelado y simulación de la marcha protésica usando modelo en 3D de una prótesis transtibial,» v. *Cienc. Salud. Bogotá*, vol. 16, n° 1, pp. 82-100, 2018.
- «Serviacero comercial,» 2017. [En línea]. Available: <http://serviacero.com/serviacero/comercial/lamina-negra-rolada-en-frio/>. [Último acceso: 16 12 2019].
- «Ángulos,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.pylsa.com/productos.html>. [Último acceso: 10 07 2019].
- J. A. Perez Cepeda y J. J. Olaya Flores, «Influencia del tipo de electrodo sobre la microestructura y el coeficiente de rozamiento obtenido por esado de deslizamiento a recubrimientos duros depositados por soldadura SMAW,» *Ingeniería y desarrollo*, vol. 36, n° 2, pp. 327-342, 2020.
- O. Guillermo, «Tipos de Soldadura,» 25 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.bricolemar.com/blog/tipos-de-soldadura/>. [Último acceso: 16 01 2020].
- R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, México: Mc Graw Hill, 2010.
- S. G. Yoni, «Modelación de la resistencia al movimiento de la banda de un transportador en los tramos curvos del perfil y la traza,» *Minería y Geología*, vol. 3, n° 1, p. 94, 2017.

- S. M. Velásquez-Restrepo, D. H. Giraldo-Vásquez y N. T. Zapata-Gallego, «Propiedades mecánicas bajo compresión y resistencia,» *Revista Facultad De Ingeniería*, vol. 24, nº 40, p. 67, 2015.
- P. Roger S., Ingeniería del software, México: Mc Graw, 2010.
- «Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos),» 12 10 2016. [En línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>. [Último acceso: 12 10 2019].
- A. Bernabé Sáez, «El internet de las cosas,» 4 10 2012. [En línea]. Available: <https://www.nobbot.com/tecnologia/adsl/el-internet-de-las-cosas/>. [Último acceso: 2019 08 2019].
- A. B. Torres Moya, «La década decisiva, ¿Podemos cambiar el futuro del nuestro planeta,» *Revista TecReview*, pp. 26-30, 2019.

AUTOMATIZACIÓN DE LA EMISIÓN DE JUSTIFICANTES PARA ESTUDIANTES DEL ITS-ACAYUCAN

PAMELA LIZETTE Cerdán Valdés¹, Karla Yasmín Ruiz Santos², Aldo Rojas Cessa³

RESUMEN

En la actualidad dentro de los planteles educativos los estudiantes requieren de hacer uso de justificantes académicos como parte de sus derechos como estudiantes. Antes de la contingencia sanitaria por SARS-CoV-2 este procedimiento se realizaba de manera manual y de forma presencial, en la que el estudiante presentaba su comprobante (ya sea una receta médica o carta de los padres o tutores) y se le otorgaba un comprobante firmado por el jefe de carrera, el cual servía para presentar con sus docentes y de esa manera justificar su inasistencia a la clase o actividad a presentar. Ahora con los problemas de la contingencia se requiere desarrollar un software de aplicación basado en la web denominada “Sistema de Justificante en Línea” para generar el trámite en línea, la aplicación se desarrolló en el lenguaje HTML, JavaScript y CSS, utilizando MySQL como gestor de base de datos. Los elementos que incorpora son: registro de usuarios, registro de solicitudes e historial de estas; interfaz de administrador (en este caso de jefes de carrera) para la autorización de las solicitudes.

Palabra clave: software, aplicación web, sistema.

ABSTRACT

Currently within the educational facilities, students require to make use of academic documents as part of their rights as students. Before the health contingency due to SARS-CoV-2, this procedure was carried out manually and in person, in which the student presented his / her proof (either a medical prescription or letter from the parents or guardians) and was granted a proof signed by the head of the course, which was used to present with their teachers and thus justify their absence from the

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acayucan.
pamela.cv@acayucan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acayucan. kruizsantos@gmail.com

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Acayucan.
aldo.rc@acayucan.tecnm.mx

class or activity to present. Now with the problems of contingency, it is necessary to develop a web-based application software called "Online Receipt System" to generate the online procedure, the application was developed in HTML, JavaScript and CSS, using MySQL as manager Database. The elements that it incorporates are: user registry, request registry and history of these; administrator interface (in this case of career managers) for the authorization of applications.

Keyword: software, web application, system.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico Superior de Acayucan se rige por el Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México (TecNM) con el fin de garantizar una educación de calidad para impulsar la formación de profesionales con alto grado de competitividad global. Por ello se establece en el Capítulo 5 los lineamientos para el proceso de evaluación y acreditación de asignaturas, en el apartado 5.4.5 refiere sobre la evaluación y acreditación de asignaturas de los estudiantes (Tecnológico Nacional de México, 2015). A lo largo de su vida académica los estudiantes tienen la necesidad de ausentarse un día o un par de ellos a consecuencia de alguna enfermedad o algún acontecimiento personal que se le haya presentado, debido a lo anterior requerían ejercer su derecho de justificación (como se indica en el apartado 5.4.5.6 del Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México) para acreditar alguna competencia de la asignatura o asignaturas que involucre los días de ausencia, para ello solicitan de un justificante para que el docente con el cual tenían clases los días que faltaron tome en consideración las actividades y/o exámenes que en esos días debieron presentar y así no verse afectados en su proceso de evaluación, por lo general estos justificantes son emitidos de forma física por el jefe de carrera avalando la situación por la cual atravesó el estudiante. Sin embargo, a consecuencia de la pandemia por Covid-19 la forma del proceso enseñanza aprendizaje tuvo un giro de la presencialidad a la virtualidad, esto trajo como consecuencia que los trámites institucionales también se modificaran por lo que se ha requerido que estos procesos se realicen en línea.

Esto ha permitido aprovechar la tecnología de forma eficiente usando sistemas de información para la automatización de procesos.

La implementación del Software “Sistema de Justificantes en Línea” cuyo objetivo es la automatización en línea del procedimiento para el trámite de justificantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Tal software permite solicitar, autorizar y generar los justificantes solicitados por los estudiantes.

DESARROLLO

Para el diseño de la implementación del software informático “Sistema de Justificantes en Línea”, se realizó un diagnóstico en la jefatura de carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales a través de la observación a la documentación del procedimiento en físico para la emisión del justificantes desde el momento en que el estudiante lo solicita, cuando es recibido por el jefe de carrera, y se analiza para su autorización y finalmente cuando es entregado el documento de autorización del justificante a los estudiantes y académicos. Esto permitió identificar los principales problemas que se presentaban para este procedimiento durante la cuarentena por SARS-CoV-2 a la que están sometidas las instituciones de educación de todos los niveles. Además, se aplicó una encuesta a todos los estudiantes inscritos en la carrera durante el periodo Febrero-junio de 2019. Dicha encuesta estaba formada por diez ítems, los cuales estaban divididos en dos secciones; la primera obtiene información académica (como su matrícula, nombre, modalidad de estudio y campus), la segunda obtiene información sobre la facilidad de realizar el procedimiento de justificantes, razones más comunes de su inasistencia (o posible inasistencia), si estaban dispuestos a usar una aplicación web para este procedimiento, para este caso el 100% de los estudiantes indica que si está dispuesto a usar una aplicación web.

Posteriormente se procedió al diseño y creación del software informático a través de herramientas informáticas para ello se utilizó el Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML Versión 5), este lenguaje contiene instrucciones especiales que permiten que el texto se enlace con otros contenidos de Internet o con contenidos específicos que el programador determine (Prescott, P. 2015). HTML 5 permite

crear aplicaciones web que pueden interactuar con datos locales y con servidores de forma más sencilla y proporciona soporte multimedia. Las aplicaciones basadas en web usan menos recursos que los programas instalados, estos no requieren canales de distribución porque se pueden acceder desde la Internet.

Así mismo se implementó Application Programming Interfaces (API, Interfaz de Programación de Aplicaciones) el cual es un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones, permitiendo la comunicación entre dos aplicaciones de software a través de un conjunto de reglas. Las APIS de servicios web proporcionan acceso a un servicio mediante una dirección web que permite la comunicación en una red, es decir a través de una dirección URL (Plaza Estévez et al., 2016).

Se integró el lenguaje de programación para los navegadores (Java Script-Lenguaje orientado a objetos), con este lenguaje se desarrollaron las páginas con las que el usuario interactuará a través de las diferentes plataformas. De manera adicional, gracias a las API Javascript del HTML5, que están disponibles en los navegadores actuales de ordenadores y dispositivos móviles, podemos acceder a todo tipo de recursos adicionales, como la cámara, espacio para almacenamiento de datos, creación de gráficos basados en vectores y mapas de bits, flujos de datos con servidores, entre otros (Luna, F. 2019).

El sistema de gestión de base de datos utilizado fue MySQL (Base de datos Open Source), seleccionado por su fácil adhesión a la web y su alta estabilidad, rendimiento y funcionalidad (Combaudon, S., 2018).

El objetivo de software informático es automatizar el procedimiento para la generación de justificantes de los estudiantes que así lo requieren.

La estructura del software “Sistema de Justificantes en Línea” está formado por la interfaz para alumnos, jefe de carrera y docentes. A continuación, se describe los apartados de cada interfaz:

Alumnos: permite solicitar el justificante indicando la fecha de inicio y fin del permiso, la causa de este y anexar el documento que avale esa solicitud, este documento puede ser una receta médica expedida por una institución de salud o un médico certificado, o bien una carta de exposición de motivos firmada por el tutor. En este

apartado también se puede consultar el historial de solicitudes realizadas, así como su estatus.

- Jefe de carrera: podrá asignar el rol de jefe de carrera y aprobar las solicitudes generadas por los estudiantes. Así también asignar a los académicos a cada grupo.
- Docentes: pueden consultar la relación de estudiantes al que le han autorizado su justificante.

RESULTADOS

El software “Sistema de Justificantes en Línea” para estudiantes del ITS-Acayucan se realizó en tres módulos de acuerdo el tipo de usuario: estudiantes, jefes de carrera y docentes (Ver figura 1).



Figura 7. Pantalla principal del Sistema de Justificante en Línea.

Para el ingreso al sistema se debe iniciar sesión para ello deberá de colocar los siguientes datos de acuerdo con el tipo de usuario, para el caso de los alumnos deberán introducir matrícula y contraseña (en caso de ser la primera vez deberá registrarse en el sistema), para el caso de jefe de carrera o docente, ingresará con su usuario y contraseña asignado (ver figura 2).

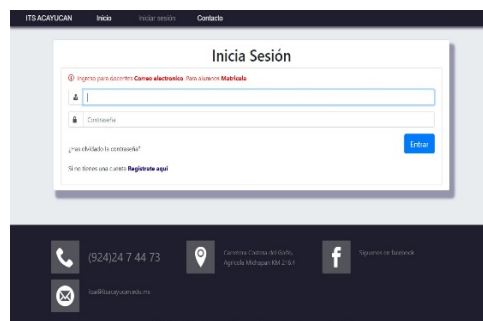


Figura 8. Interfaz de inicio de sesión por tipo de usuario.

Módulo de estudiantes

En el módulo de estudiantes, cuenta con las opciones de: inicio, solicitar, historial de solicitudes y contacto.

En la opción de **inicio** los estudiantes pueden cambiar su contraseña, agregar docentes de otros semestres ya que el sistema por default genera los docentes asignados al semestre y grupo del alumno en cuestión, los estudiantes tienen el derecho de adelantar y/o repetir materias, para tal caso los estudiantes deberán de agregar manualmente a los docentes de acuerdo a las materias que esta cursando en el momento (ver figura 3).

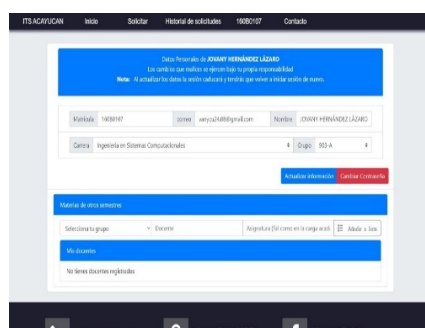


Figura 9. Módulo de estudiantes, opción inicio.

Por otro lado, en la opción de **Solicitar**, permite que el estudiante genere la solicitud de justificante, estableciendo la fecha en que este comprenda, así como la causa de la inasistencia, además deberá anexar el documento que avale la falta en primer término (ver figura 4). Una vez que el estudiante solicito su justificante este es turnado al jefe de carrera respectivo.

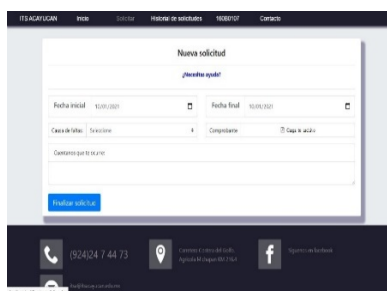


Figura 10. Módulo de estudiantes, opción solicitar.

Para el caso de la opción **Historial de solicitudes** los estudiantes pueden verificar el estado de su solicitud y su historial de justificantes (ver figura 5).

Caso	Fecha	Hora de solicitud	Estado	Causa	Opciones
21011000107120027	2021-08-18	12:05:27	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120048	2021-08-18	12:05:16	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120056	2021-08-18	12:05:06	Cancelado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120046	2021-08-18	12:04:46	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120028	2021-08-18	12:04:38	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120028	2021-08-18	12:04:28	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120044	2021-08-18	12:04:04	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120038	2021-08-18	12:03:38	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120037	2021-08-18	12:03:17	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120017	2021-08-18	12:02:17	Rechazado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120032	2021-08-18	12:02:02	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120046	2021-08-18	12:01:46	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120038	2021-08-18	12:01:38	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120026	2021-08-18	12:01:26	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120018	2021-08-18	12:01:18	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120032	2021-08-18	12:01:32	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120010	2021-08-18	12:01:10	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120005	2021-08-18	12:00:55	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]
21011000107120046	2021-08-18	12:00:46	Aprobado	Problemas Personales	[Iconos]

Figura 11. Módulos estudiantes, opción historial de solicitudes.

Módulo Jefe de carrera

El módulo de Jefe de Carrera cuenta con las opciones de recibidos, administración y administrador de correo.

Para el caso de la opción de **Administración** el jefe de carrera toma el rol de administrador lo que le permite asignar a los docentes a los grupos y el rol del docente a un usuario. Un docente se puede convertir en jefe de carrera y a su vez el jefe de carrera puede volver a ser docente (Ver figura 6, 7,8).

Nombre	Correo	Rol de usuario	Opciones
JUAN PÉREZ	juanperez@itsaca.com	Docente	[Iconos]
MARIA LUISA GARCIA	marialuisa@itsaca.com	Docente	[Iconos]
JOSE HERNANDEZ	josehernandez@itsaca.com	Docente	[Iconos]

Figura 12. Módulo Jefe de carrera

Nombre	Código	A cargo	Prescritas
Ingeniería Bioprocess	BIOP	[Icono]	[Icono]
Ingeniería en Sistemas Computacionales	ISC	[Icono]	[Icono]
Ingeniería en Software	ISW	[Icono]	[Icono]
Ingeniería en Gestión Empresarial	IGE	[Icono]	[Icono]
Ingeniería Industrial	IND	[Icono]	[Icono]
Ingeniería Mecatrónica	MEC	[Icono]	[Icono]
Ingeniería Civil	CIV	[Icono]	[Icono]
Ingeniería Química	QUIM	[Icono]	[Icono]
Ingeniería Electromecánica	ELE	[Icono]	[Icono]

Figura 13. Módulo jefe de carrera, opción administración.

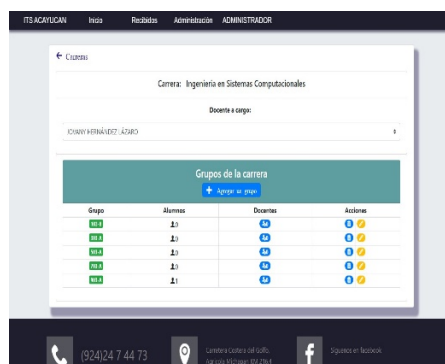


Figura 14. Módulo administración, asignación de docentes a grupos por carrera.

En la opción de **recibidos** el jefe de carrera analiza las solicitudes a partir de la documentación que recibe de los estudiantes y así autorizarlas. (ver figura 9). Los justificantes autorizados se envían a los correos de los docentes que el alumno especifica en su perfil con un mensaje por parte del jefe de carrera en cuestión. (ver figura 10).

Figura 15 Listado de solicitudes que recibe el jefe de carrera.

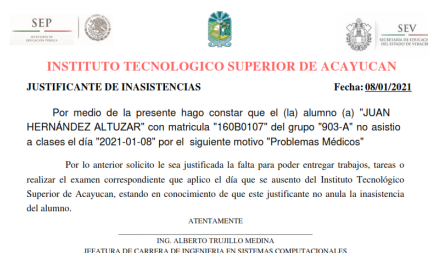


Figura 16. Justificante Autorizado

La opción **ADMINISTRADOR DE CORREOS** es posible realizar la configuración del servidor de correos para enviar la notificación a los estudiantes (ver figura 11).



Figura 17. Módulo jefe de carrera, opción Administrador.

Módulo Docentes

En el módulo docentes es posible la modificación de la contraseña, así como la de consultar los justificantes que han sido autorizados por el jefe de carrera (ver figura 12 y 13).

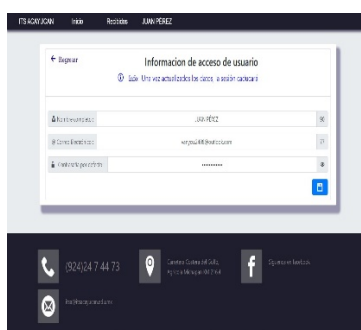


Figura 18. Módulos docentes, modificación de contraseña.

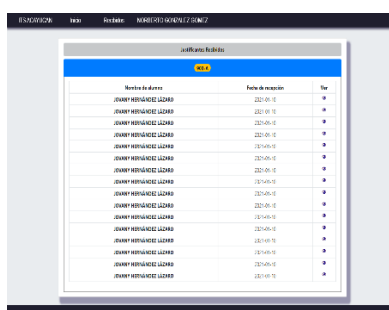


Figura 19. Módulos docentes, consulta de justificantes de estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Combaudon, S. (2018). MySQL 5.7: administración y optimización. Ediciones Eni.
- Luna, F. (2019). JavaScript-Aprende a programar en el lenguaje de la web. RedUsers.
- Plaza Estévez, S., Ramírez Lamela, N., & Acosta Morales, C. (2016). API de servicios web orientados a accesibilidad. Tesis V1.0, 1, 1–127. <https://eprints.ucm.es/38686%0Ahttps://goo.gl/E3A6BL>
- Prescott, P. (2015). HTML 5. Babelcube Inc. Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BuyNCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=que+es+HTML&ots=hmkPVgDli5&sig=hwMjmbvIXEh3D4-QgzsoO92m88A#v=onepage&q=que%20es%20HTML&f=false>
- Tecnológico Nacional de México. (2015). Manual de lineamientos académico-administrativos del Tecnológico Nacional de México-planes de estudio para la formación y desarrollo de competencias profesionales (p. 251). https://www.tecnm.mx/normateca/Dirección de Docencia e Innovación Educativa/Manual Lineamientos TecNM 2015/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf

SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y SOPORTE EN SOLUCIONES EN GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS Y REWORK S. A. DE C. V.

SAMUEL RAMÍREZ GALINDO¹, ANGELITA VENTURA SÁNCHEZ², PATRICIA GUADALUPE MORA NEGRETE³,
FERNANDO RÍOS MARTÍNEZ⁴.

RESUMEN

Soluciones en Gestión de Tecnologías y Rework S.A. de C.V. (AYTEK), es una empresa de servicios dedicada a la reparación y el mantenimiento de equipos de cómputo de otras empresas, ubicada en la ciudad de Boca del Río, Ver., el proyecto se realizó en AYTEK durante el periodo Agosto 2018 – Enero 2019, con el propósito de gestionar los procesos de registro, actualización y consulta en órdenes de mantenimiento y soporte en equipos de cómputo, mediante el desarrollo de un sistema web, basándose en el patrón de diseño Modelo, Vista, Controlador (MVC) y la metodología de desarrollo de software basada en prototipos, para el control de la información de los procesos y acceso de forma remota, en el cual el personal autorizado por la empresa puede actualizar, registrar, consultar y en caso de ser necesario borrar la información de clientes, proveedores, inventario y servicios realizados.

Palabras clave: Sistema Web, Metodología de desarrollo de software, Patrón de diseño.

¹ Independiente. sami_2195@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
angelita.ventura@itstb.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
patricia.mora@itstb.edu.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.
fernando.rios@itstb.edu.mx

ABSTRACT

Soluciones en Gestión de Tecnología y Rework S.A. de C.V. (AYTEK), is a service company dedicated to the repair and maintenance of computer equipment from other companies, located in the city of Boca del Río, Ver., The project was carried out in AYTEK during the period August 2018 - January 2019 , with the purpose of managing the processes of registration, updating and consultation in maintenance and support orders in computer equipment, through the development of a web system, based on the Model, View, Controller (MVC) design pattern and the methodology of software development based on prototypes, for the control of the information of the processes and remote access, in which the personnel authorized by the company can update, register, consult and if necessary delete the customer information, suppliers, inventory and services performed.

Keywords: Web system, Software development methodology, Design pattern.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas WEB permiten un fácil acceso a la información por parte de los usuarios, ya sea utilizando una computadora o un dispositivo móvil. Brindan una mayor seguridad en los datos, debido a que estos se alojan en un servidor remoto y consumen menos recursos de los dispositivos por los cuales se accede al sistema.

El proyecto que se desarrolló es un sistema de gestión para el mantenimiento y soporte en la reparación de equipos de cómputo a terceros, para la empresa Soluciones en Gestión de Tecnologías y Rework S.A. De C.V., con el propósito de resolver las oportunidades de mejora que presenta la empresa en la gestión de las ordenes de los servicios de mantenimiento y soporte que realiza a terceros, mediante un sistema de acceso remoto para los usuarios, así como los apartados para la información de los clientes, proveedores, empleados e inventario; aparte de las secciones donde se registra la información de los servicios realizados a los equipos de cómputo y otros dispositivos tecnológicos. Por lo tanto, se realizó un desarrollo WEB que cumple con las necesidades y solicitudes de la empresa en la gestión procesos de registro, actualización y consulta en órdenes de mantenimiento y soporte en equipos de cómputo, basándose en el patrón de diseño Modelo, Vista,

Controlador (MVC) y la metodología de desarrollo de software, que pertenece a los modelos de desarrollo evolutivo, modelo de prototipos para el control de la información de los procesos y acceso de forma remota.

Se explica el desarrollo del proyecto desde el levantamiento y análisis de la información, la definición de la arquitectura del sistema, el diseño del prototipo y por último la ejecución de casos de prueba y una muestra del prototipo desarrollado con una explicación de su uso.

DESARROLLO

Los sistemas de información plantean cada vez más, una serie de desafíos, crear software que logre satisfacer los requerimientos y necesidades reales del cliente, a una velocidad que esté acorde con su creciente demanda y rápida obsolescencia, buscando reducir la necesidad de mantenimiento posterior, costos controlados de acuerdo al presupuesto durante el desarrollo y mantenimiento, cumplir con los plazos de entrega pactados, asegurando la calidad del software. Durante el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes actividades que a continuación se describen:

Análisis del estudio de caso. La actividad enfocada al análisis es la base fundamental en el desarrollo del proyecto, es donde se recopila la mayoría de información necesaria para describir el problema e indicar como resolverlo mediante la construcción de un sistema.

Reunión con el Personal de la Empresa. Reunirse con el personal involucrado, para hablar sobre los procesos que se van a digitalizar y las pautas de estos. En esta reunión se recibieron los distintos formatos que utiliza la empresa para los servicios que realiza. Además de una posible vista en cómo la empresa desea la interfaz principal del sistema.

Levantamiento de Requerimientos. “En aplicaciones de software y hardware, los requerimientos de software son las características que debe tener el software instalado en una computadora para poder soportar y/o ejecutar una aplicación o un dispositivo específicos. Contrasta con los requerimientos de hardware”. (ALEGSA, 2016, p. 1).

El propósito de esta actividad fue entender el problema a resolver, entender las necesidades de los interesados directos, definir los requisitos para la solución, definir los alcances del sistema.

Con la información obtenida de la reunión se comenzó a realizar la maquetación preliminar, con el objetivo de mostrar a la empresa las vistas del sistema y obtener retroalimentación sobre el diseño y los datos que necesita el sistema. Se aplicó el instrumento de levantamiento de requerimientos, utilizando la maquetación preliminar se procedió a realizar una segunda reunión con el personal de la empresa, en la cual se presentó la maquetación como un prototipo visual del sistema, con ello se obtuvo la retroalimentación por parte del personal mediante preguntas, opiniones, sugerencias y comentarios. Posteriormente se analizó la información y con los formatos de servicios otorgados por la empresa y la retroalimentación obtenida de la presentación de la maquetación brindaron la suficiente información para realizar la lista de los requerimientos del sistema.

Selección de la metodología de desarrollo de software. Debido a la naturaleza del proyecto y las características de la empresa se optó por utilizar la metodología de desarrollo de software basada en prototipos, de esta manera los avances en el desarrollo retroalimentan el sistema, permitiendo que en la etapa final los detalles de diseño e implementación sean menores.

Definir la Forma de Programación, SGBD, y Herramientas de Desarrollo. El sistema requiere funcionar en un entorno web, con la experiencia obtenida de desarrollos anteriores el lenguaje a utilizar es PHP, el manejo de los datos que permiten el acceso a la base de datos relacional por parte del sistema se realizara utilizando el sistema gestor de base de datos MariaDB, debido a su condición de software libre.

Actividades de Diseño. El diseño del sistema abarca los puntos enfocados a la base de datos, diseño de los diagramas necesarios para expresar la funcionalidad del sistema y prototipos visuales que permiten al cliente realizar comentarios y sugerencias más acertadas sobre lo que necesita.

Realizar la Maquetación. El realizar la maquetación del sistema tiene el objetivo de mostrar al cliente las distintas vistas y secciones del sistema, para obtener una mayor cantidad de información sobre sus necesidades.

Diseñar, Normalizar y Cargar la Base de Datos. La base de datos del sistema es una de las piezas fundamentales ya que de esta dependen los modelos CRUD que va a tener el sistema, además de ser el proveedor de los datos necesarios para que el sistema funcione de manera correcta. El diseño de la base de datos se realizó utilizando como base el modelo relacional SQL con las herramientas mencionadas en la sección anterior. Realizado el diseño de la base de datos ya debidamente normalizado, se procede a generar el script (código) para la implementación de la base de datos en el SGBD y a hacer pruebas para detectar cualquier tipo de redundancia innecesaria o tipo de dato que no corresponda al necesario.

Diseño de Diagramas UML. Teniendo de forma concreta las vistas del sistema, así como la base de datos relacional, lo siguiente a realizar es el diseño de los diagramas UML que van a representar la funcionalidad del sistema, mostrando distintos puntos de vista arquitectónicos, con ello, previniendo futuros errores en la implementación. Además de ser una base confiable para el desarrollo del manual de usuario.

Actividades de Codificación. La codificación del sistema es la etapa fundamental del desarrollo, es aquí donde se crea la funcionalidad definida en las etapas anteriores y se revisa minuciosamente con el objetivo de evitar errores.

Definir Clases y Métodos del Sistema. Con la ayuda del diagrama de clases se obtiene un panorama claro sobre cuáles serán las clases del sistema y las distintas funciones que estas van a poder realizar.

Instalación y Creación de la Plantilla. La programación de front-end y back-end requiere la instalación del framework Yii2, lo primero a realizar es la instalación de Composer. Por lo cual se descarga el ejecutable de la página <https://getcomposer.org/download/>

Una vez descargado el ejecutable el siguiente paso a realizar es instalarlo. Por lo cual es necesario dirigirse a la ubicación del ejecutable, dar clic derecho y “Ejecutar como administrador”. Terminada la instalación del ejecutable, se procede a crear la plantilla avanzada, escribiendo el siguiente comando en la consola del sistema,

recordando que es necesario tener instalado el servidor XAMPP y activo sus servicios de Apache y MariaDB.

Conexión de la Base de Datos. Creada la plantilla, ahora se debe conectar a la base de datos, en la siguiente ruta: “C:\xampp\htdocs\yiiapplication\common\config\main-local.php y escribir el nombre de la base de datos.

Programación de Backend. En el contexto del desarrollo de aplicaciones están implicadas las actividades realizadas del lado del servidor; es decir, las tareas de base de datos y los servidores de aplicaciones que el usuario no puede visualizar en el explorador de Internet. Los lenguajes usados comúnmente son PHP, Java, Ruby, .NET, Python, entre otros, los cuales son los encargados de interactuar con la base de datos (Kavourgias, 2015; Alvarado, 2012).

Crear los Modelos en el Sistema. El framework con el cual se está desarrollando el sistema, usa un patrón MVC, por lo tanto, la siguiente actividad es el desarrollo de los modelos en base a las tablas de la base de datos. Los modelos son creados por medio de “GII” la herramienta que integra el framework, a todas las tablas que cuenten con una llave primaria en la base de datos se les crea su respectivo modelo, donde además de definir el tipo de cada dato, también se define su longitud y sus restricciones de entrada por medio de expresiones regulares.

Crear los Controladores en el Sistema. Teniendo todos los modelos del sistema, se procede a crear los controladores, que tienen las diversas funcionalidades necesarias en el sistema. Todos los modelos requieren un controlador, para definir las funciones que realiza en cada una de las vistas.

Programación de Frontend. Dentro del contexto del desarrollo de aplicaciones Web, implica el uso de las tecnologías con las que interactúa directamente el usuario. Normalmente estas tecnologías son desarrolladas en los lenguajes de HTML, CSS y Javascript; también se usan las herramientas de diseño gráfico como Photoshop o Fireworks. El objetivo es desarrollar la interfaz gráfica de usuario (GUI), buscando una experiencia de uso bien valorada por el usuario final, siendo en algunos casos necesario hacer investigación, estudios y pruebas para llegar a este fin. Además, dentro del desarrollo de las aplicaciones web es posible desarrollar el front-end de la

aplicación sin contar con una aplicación back-end que interactúe con la base de datos (Kavourgias, 2015).

Crear los CRUD. Las vistas del sistema están basadas en una estructuración CRUD (Create, Read, Update y Delete en español Crear, Leer, Actualizar y Borrar). El diseño de los formularios se basa siguiendo esa estructura, en algunos casos solo se realiza el CRUD basado en una tabla, en otros casos como los formularios de los servicios que ofrece la empresa, el CRUD es más complejo ya que requiere datos de diversas tablas, por lo tanto, utiliza más de un controlador y más de un modelo, cuyo acceso se realiza a través de las relaciones previamente establecidas en la base de datos mediante las llaves foráneas.

Estructuración de la Página WEB. El diseño de la página principal del sistema, en base a la propuesta de la empresa, se estructura con los siguientes elementos:

- Encabezado con pestañas de opciones.
- Cuerpo con los botones de las opciones.
- Pie de página con información de la empresa.

Diseño de Página WEB. En esta sección se diseñó los botones, iconos y colores de la página Las distintas páginas con la información de la empresa, tendrán un diseño minimalista, con el objetivo de una carga más rápida, basándose en una estructura CRUD, mostrando los datos mediante tablas; además de contar con una barra para poder regresar a la página anterior de forma eficaz. El favicon del sistema, va a ser el mismo que la empresa utiliza en su página web.

Diseño móvil de la página WEB. Con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario al utilizar el sistema, el sitio web cuenta un diseño responsive web design, es decir, un diseño responsable y adaptativo a la pantalla de los teléfonos móviles.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados del proyecto Sistema de gestión para el mantenimiento y soporte en Soluciones en Gestión de Tecnologías y Rework S.A. De C.V., realizado. Con la implementación del proyecto se logra agilizar los procesos de consulta de información de clientes, proveedores, empleados, inventario y servicios. Además de brindar una forma eficiente en la realización de órdenes

enfocadas al mantenimiento, soporte y los demás servicios que ofrece la empresa. El acceso remoto al sistema por parte de los usuarios se tradujo en una reducción del uso de papel para imprimir los formatos de servicios. Además de brindar información sobre las actividades realizadas por los operadores en tiempo real al gerente de operaciones.

Otro punto importante fue que el sistema resolvió los problemas que tenía la empresa dado que el equipo se esforzó en combinar prácticas con agilidad, con el fin de obtener productos con calidad y en muy poco tiempo, logrando así mejorar los servicios realizados por cada operador y los datos de las órdenes de servicio elaboradas, principalmente fecha de orden, número consecutivo y nombre de cliente.

Resultados de Actividades de Análisis. Realizar las actividades de análisis, dio como resultado la lista con los requerimientos necesarios para definir las funciones del sistema.

Lista de Requerimientos del Sistema.

Requerimientos Funcionales.

- Usuario administrador.
 - Requerimientos para sección inicio de sesión.
 - Requerimientos para sección de usuario no administrador.
 - Requerimientos para sección de empleados.
 - Requerimientos para sección de órdenes de mantenimiento.
 - Requerimientos para sección de clientes.
 - Requerimientos para sección de proveedores.
- Usuario administrador.
 - Requerimientos para sección inicio de sesión.
 - Requerimientos para sección de órdenes de mantenimiento

Requerimientos no Funcionales.

- El sistema debe tener una paleta de colores igual a la que usa la empresa.
- El sistema debe tener acceso remoto.
- El sistema debe enviar y recibir datos hacia un servidor

Resultados de Actividades de Diseño. De las actividades de diseño se obtuvo la maquetación del sistema, con el propósito de mostrar en forma clara al cliente las

funciones del sistema y obtener comentarios, dudas y sugerencias antes de comenzar con los siguientes pasos del desarrollo. Es preciso mencionar la base de datos, pieza fundamental en el sistema para el manejo de la información, como uno de los resultados obtenidos de estas actividades. Además de los diagramas UML basados en el modelo de vistas 4+1 de Kruchten que permiten un mayor entendimiento de las funciones y procesos del sistema al momento de codificar. (Kruchten, 2006).

Diagramas UML del sistema. Teniendo de forma concreta las vistas del sistema, así como la base de datos relacional, lo siguiente fue realizar el diseño de los diagramas UML que van a representar la funcionalidad del sistema, mostrando distintos puntos de vista arquitectónicos, con ello, previniendo futuros errores en la implementación, a continuación, se mostraran algunos de los que se realizaron.

Diagrama de casos de uso. La figura 1, describe como diferentes tipos de usuarios interactúan con el sistema para resolver el problema o necesidad planteado.

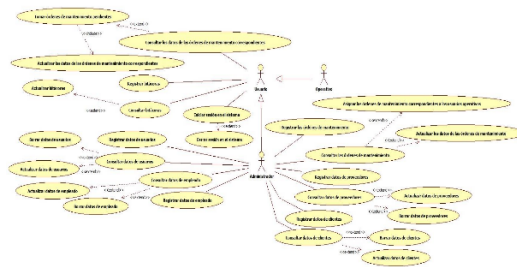


Figura 1. Diagrama de casos de uso

Diagrama de clases. Es un diagrama puramente orientado al modelo de programación orientado a objetos, ya que define las clases que se utilizarán cuando se pase a la fase de construcción y la manera en que se relacionan las mismas. La figura 2. Muestra parte del diagrama de clases utilizado en el proyecto.

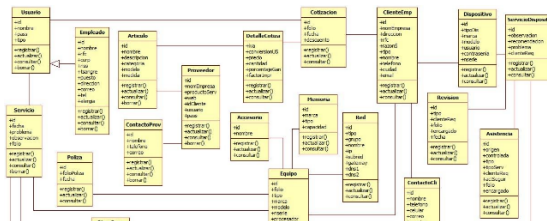


Figura 2. Diagrama de clases

Diagrama de actividades. Se utilizaron para describir los tipos de procesos, transacciones o procedimientos, permiten representar la forma en la que un sistema hace una implementación, como se muestra en la figura 3 y 4.

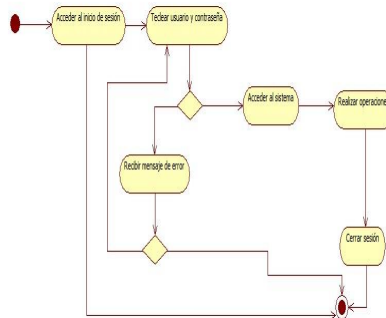


Figura 3. Diagrama de Actividades de inicio de sesión.

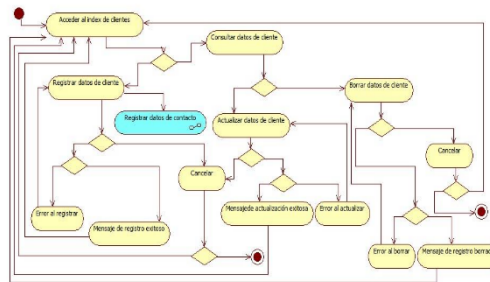


Figura 4. Diagrama de Actividades de sección clientes.

Resultados de Actividades de Codificación. Las actividades enfocadas a la codificación del sistema son el punto donde el software pasa de ser modelos en papel y se comienza a formar.

Inicio de Sesión. Es la primera ventana del sistema, para que los usuarios puedan acceder a la página principal, cada usuario previo a un registro de nombre de usuario y contraseña les permite iniciar sesión.

Figura 5. Inicio de sesión.



Figura 6. Ventana principal.

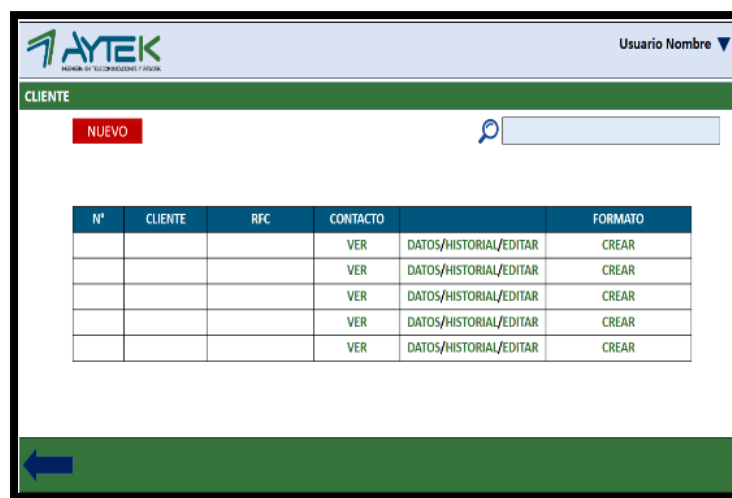


Figura 7. Ventana principal de clientes.

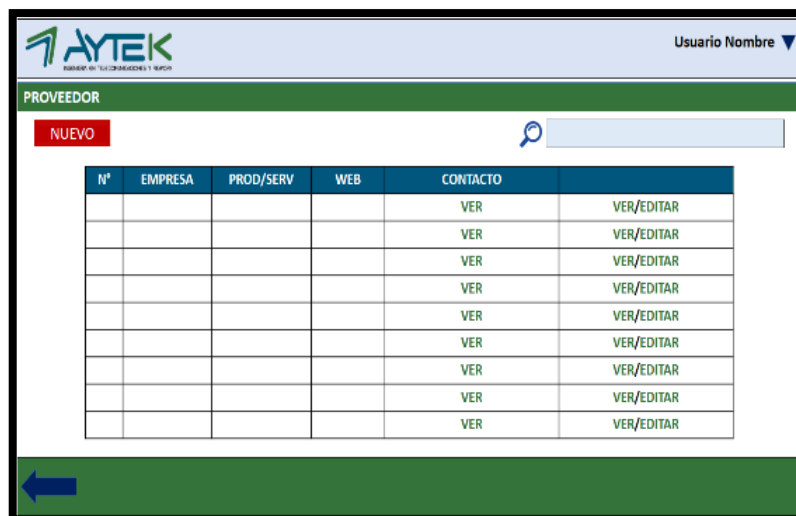


Figura 8. Ventana principal de proveedores.

NOMBRE	VER	NUEVO
F-M-101 RECEPCIÓN DE EQUIPO	VER	NUEVO
F-M-102 BITACORA INTERNA	VER	NUEVO
F-M-103 SERVICIO A EQUIPOS	VER	NUEVO
F-M-104 ASISTENCIA TÉCNICA	VER	NUEVO
F-M-105 REVISIÓN A DISPOSITIVOS	VER	NUEVO

Figura 9. Ventana principal de formatos.

Nº	NOMBRE	RFC	CURP	NSS	PUESTO	SALUD	
						VER	VER/EDITAR
						VER	VER/EDITAR
						VER	VER/EDITAR
						VER	VER/EDITAR
						VER	VER/EDITAR
						VER	VER/EDITAR

Figura 10. Ventana principal empleados.

FOTO	CLIENTE	DESCRIPCION	FECHA	PRIORITY	STATUS		
				URGENTE	EN ESPERA	VER	COMENTAR
				PROCESANDO	PENDIENTE	VER	COMENTAR
				MEDIO	RESOLVIDO	VER	COMENTAR
				Baja	EN ESPERA	VER	COMENTAR
				URGENTE	PENDIENTE	VER	COMENTAR
				PROCESANDO	RESOLVIDO	VER	COMENTAR
				MEDIO	EN ESPERA	VER	COMENTAR
				Baja	PENDIENTE	VER	COMENTAR
				URGENTE	RESOLVIDO	VER	COMENTAR

Figura 11. Ventana principal de tickets.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alegsa.com.ar (2016). Definición de Requerimiento de software. ALEGSA © 2016-07-11 Recuperado de: http://www.alegsa.com.ar/Dic/requerimiento_de_software.php
- Alvarado, I. (2014) ¿Qué es front-end y back-end en la programación web? Recuperado de: <https://serprogramador.es/que-es-frontend-y-backend-en-la-programacion-web/>
- Bsch, M. (2001). Documentos y lenguaje de marcado: conceptos, problemas y tendencias. Recuperado de: http://eprints.rclis.org/7442/1/BoschEPI_1011.pdf
- DBDesigner. (2018). DB Designer: Herramienta de diseño y modelado de esquemas de base de datos en línea. Recuperado de: <https://www.dbdesigner.net/>
- Deitel, P. y Deitel, H. (2016). Java: como programar. Décima edición. Pearson.
- Fielding, J. (2014) Introduction to Responsive Design. En Apress, US (Ed.), Beginning Responsive Web Design with HTML5 and CSS3 (1a ed.), (p.2).
- Gauchat, J. D. (2014). El gran libro de HTML5, CSS3 & Javascript. Marcombo.
- Gustavo B. (2018) ¿Qué es apache? Recuperado de: www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-apache/
- HeidiSQL. (2018). ¿Qué es esto? Recuperado de: <https://www.heidisql.com/>
- Kavourgias, C. (2015) What's the Difference Between the Front-End and Back-End? Recuperado de: <http://blog.digitaltutors.com/whats-difference-front-endbackend/>
- Kruchten, P. (2006). Planos Arquitectónicos: El Modelo de “4+1” Vistas de la Arquitectura del Software. http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:modelo4_1.pdf
- MariaDB. (2018). Acerca de MariaDB. Recuperado de: <https://mariadb.org/>
- MKLAB. (2014-2018). StarUML Definition. Recuperado de: <http://staruml.io/>
- Mozilla. (2005-2018). CSS. Recuperado de: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS>
- Sánchez-Grueso, Milton; Hurtado-Alegría, Julio (2020). Un lenguaje de modelado para representar visualmente las decisiones de diseño arquitectónico y su rationale. Informador Técnico, 84(2), 155-174. <https://doi.org/10.23850/22565035.2622>
- Sublime Text. (2018). Sublime Text. Recuperado de: <https://www.sublimetext.com/>

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA EN EL RÍO ACTOPAN, VERACRUZ

ADRIANA ELENA RIVERA MEZA¹, JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS², JACEL ADAME GARCÍA³, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS⁴, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ⁵

RESUMEN

El recurso hídrico es necesario para la vida sin embargo, se ha afectado gravemente por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar debido a su naturaleza química y biológica, presentes en desperdicios que se vierten a los cuerpos de agua. Entre los contaminantes más importantes del agua se encuentran los microorganismos patógenos, exceso de nutrientes, sustancias que consumen el oxígeno del agua, metales pesados y materia orgánica persistente, así como sedimentos en suspensión y pesticidas, los cuales, en su mayoría, provienen de fuentes difusas. En el centro del estado de Veracruz se encuentra una de las cuencas hidrológicas más importantes de la República Mexicana, el Río Actopan que abastece a más de 665,824 habitantes. Sin embargo, actualmente es poca la información sobre las condiciones en que se encuentra este río y que por ende es fundamental conocer la calidad del agua a lo largo de este río hasta su desembocadura en el Golfo de México. Se presenta una revisión bibliográfica sobre la caracterización física, química, microbiológica y de contaminación del agua haciendo énfasis en el caso del Río Actopan, Veracruz.

Palabras clave: *Contaminación, coliformes, materia orgánica*

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jose.fv@ugalvan.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

⁵ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

The water resource is necessary for life, however, it has been seriously affected by substances that are increasingly aggressive and difficult to treat due to its chemical and biological nature, present in waste that is discharged into water bodies. Among the most important pollutants in water are pathogenic microorganisms, excess nutrients, substances that consume oxygen from the water, heavy metals and persistent organic matter, as well as suspended sediments and pesticides, which, for the most part, come from sources diffuse. In the center of the state of Veracruz is one of the most important hydrological basins of the Mexican Republic, the Actopan River that supplies more than 665,824 inhabitants. However, currently there is little information on the conditions in which this river is found and that therefore it is essential to know the quality of the water along this river until its mouth in the Gulf of Mexico. A bibliographic review on the physical, chemical, microbiological and contamination characterization of water is presented, emphasizing the case of the Actopan River, Veracruz.

Keywords: *Pollution, coliforms, organic matter*

INTRODUCCIÓN

Los ríos son corrientes naturales sometidos a los cambios climáticos y a las características propias de la cuenca, la calidad de sus aguas varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a la combinación de factores ambientales. Sin embargo, las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua (Chapman, 1996, Castañé *et al.*, 1998), con actividades como los usos del suelo, la producción industrial, agrícola y otras de uso humano cotidiano (Hakanson *et al.*, 2000).

En México la contaminación de las aguas superficiales es un problema que ha sido objeto de estudio en los últimos años, en donde se han detectado que las principales fuentes de contaminación que afectan a los ríos son las descargas de drenaje doméstico, industrial y actividad agropecuaria que se localizan cerca de las colonias y poblados que las producen, por lo que se considera que el riesgo de exposición a

los residuos es elevado y puede traducirse en efectos nocivos para la salud humana (Rivera–Vázquez *et al.*, 2007).

Para la obtención de la valoración de la calidad del agua de acuerdo a la National Sanitation Foundation (NSF, 2006) se utilizan nueve parámetros en su mayoría fisicoquímicos y en algunos casos microbiológicos, de tal manera que permiten reducir la información a una expresión sencilla y fácil de interpretar (Samboni *et al.*, 2007)

Alrededor del mundo se han realizado diferentes investigaciones en las que de acuerdo con Samboni *et al.* (2007), la finalidad para la que se utilizará el recurso hídrico es como pueden agruparse en distintas categorías como lo son la contaminación por materia orgánica e inorgánica, eutrofización, daños a la salud, sustancias suspendidas y disueltas, nivel de oxígeno, características fisicoquímicas, y han sido utilizados desde uno hasta 30 parámetros para determinar la calidad del agua en las diferentes áreas de estudio seleccionadas.

Muchos investigadores encargados de realizar estudios para la evaluación del recurso hídrico de acuerdo con Orozco (2005) sugieren la utilización de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, ya que los primeros aportan amplia información acerca de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas. Por su parte, los microbiológicos otorgan información acerca de la influencia del líquido vital en la vida acuática del área de estudio, por lo que se pueden considerar complementarias y útiles para un trabajo integral en la búsqueda de la calidad del agua.

En 2008 se realizó un estudio sobre la calidad del agua superficial en diferentes almacenamientos y corrientes del Río Amajac en el estado de Hidalgo, en donde seleccionaron cuatro presas, una laguna y cinco ríos determinando las principales características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas obteniendo resultados de alto grado de contaminación (Álvarez *et al.*, 2008)

Rivera *et al.* (2004) establecieron la calidad descriptiva de los Ríos Cautín e Imperial en Chile, ejecutando los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en 10 estaciones de muestreo, obteniendo resultados fisicoquímicos dentro de las normas chilenas y

microbiológicos con coliformes totales elevados en algunas estaciones de muestreo, demostrando no ser aptas para riego de verduras y frutas a ras del suelo. En el Río Nazas México, se monitoreó la calidad del agua para evaluar su contaminación empleando un grupo de bacterias coliformes como indicador del grado de contaminación, se seleccionaron siete sitios de muestreo donde se realizaron recuentos de coliformes totales y fecales teniendo como resultado presencia de bacterias en toda la época del año en una concentración por debajo de los estándares que marca la Norma Oficial Mexicana (Martínez *et al.*, 2009)

De acuerdo con Fernández y Solano (2005) existen alrededor del mundo por lo menos 30 índices de calidad del agua de uso común y utilizan desde tres a 72 variables. Es importante tomar en cuenta que prácticamente todos estos índices incluyen al menos tres de los siguientes parámetros OD, DBO, DQO, nitrógeno en forma amoniacal y de nitratos, fósforo en forma de ortofostato, pH y sólidos totales.

DESARROLLO

De acuerdo a la CEPAL la contaminación marina global oscila entre el 70 y 75% a causa de las actividades humanas y el 90% de los contaminantes son arrastrados al mar y depositados en el océano provocando una desestabilización en los ecosistemas ocasionando daños críticos en manglares, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interface entre la tierra y el mar provocando daños irreversibles e irreparables.

De acuerdo con Castro (2015), es importante resaltar el cambio de los cauces de los ríos que desaguan al mar con la construcción de represas, que además de dañar el ecosistema, crean perturbación al ambiente asociado, reduciendo o incrementando nutrientes, sedimentos y contaminantes en el flujo del agua afectando la circulación del agua produciendo cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan los ríos.

La falta de tratamiento de las aguas residuales es un obstáculo en México que limita el goce con plenitud del derecho humano al agua (Núñez, 2017). Recurso que con la intervención negativa del hombre puede no ser renovable (Ramakrishna, 1997).

Por otra parte CONAGUA (2014) asegura que la contaminación de cuerpos de agua generada por descarga de aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias sin tratamiento provoca la contaminación de los cuerpos de agua receptores disminuyendo la calidad de las aguas superficiales y subterráneas es un problema que aqueja, en mayor grado, a países en vía de desarrollo y que pone en riesgo la salud de la población y la integridad de los ecosistemas.

Los principales contaminantes en un río son debido a descargas residuales provenientes del nitrógeno, fosforo, compuestos orgánicos, coliformes fecales, bacterias y materia orgánica (Jiménez et al., 2010).

En México en 2012, los centros urbanos descargaron aproximadamente 7.3 km³ (equivalente a 229.73 m³/s) de aguas residuales, las mayores descargas de aguas municipales fueron el estado de México (24.22 m³/s), Distrito Federal (21.96 m³/s) y Veracruz (16.08 m³/s), que en conjunto contabilizaron 27.1% del volumen nacional generado (CONAGUA, 2014).

Existe una preocupación mundial por la contaminación difusa proveniente de las actividades agrícolas urbanas e industriales que contaminan el agua, aire y suelo con pesticidas, productos farmacéuticos, metales pesados entre otros productos antropogénicos erosionando y causando pérdidas en el suelo transmitiendo enfermedades a los consumidores agrícolas que consumen alimentos irrigados con estas aguas (Bravo et al., 2009).

Con base en lo anterior, es urgente conocer el estado actual de la calidad del agua del Río Actopan mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos para la formulación de medidas de remediación a futuro (Fig. 1).



Fig. 1 Toma de muestra in situ de los parámetros a estudiar.

Se propone que de acuerdo a las condiciones naturales de la cuenca seleccionar diez estaciones y dos épocas para muestreo, secas (abril-junio) y lluvias (agosto-octubre), las cuales pueden tener un efecto determinante en la presencia de contaminantes.

Los parámetros a determinar deben estar basados en las normas:

- NORMA NMX-AA-093-SCFI-2018 Análisis de agua-medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua -determinación del pH - método de prueba.
- NMX-AA-072-SCFI-2001 Análisis de agua – determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-079-SCFI-2001 Análisis de aguas -determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-051-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-030/1-SCFI-2012 Análisis de agua - medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-026-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de nitrógeno total KJELDAHL en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-029-SCFI-2001 Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-034-SCFI-2015 Análisis de agua -medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua - determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.
- NORMA MEXICANA: NMX-AA-042-SCFI- Análisis de agua enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales.

La recolección de muestras debe ser acorde a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se elegirán para el estudio. Para el muestreo físico y químico se deben emplear recipientes de polietileno de alta densidad con capacidad de dos

litros, es importante sumergir el envase dos o tres veces y llenar hasta dejar un centímetro de la boca del recipiente para permitir la aireación de la muestra. Se propone realizar un muestreo compuesto para obtener una muestra representativa de la calidad del agua del flujo total en la estación de muestreo.

Por otra parte, para la recolección de muestras microbiológicas, se deben utilizar tubos de ensayo de vial de plástico de alta densidad con taparosca de un volumen de 15 mL, los cuales se introducen completamente en el río, no olvidar enjuagar tres veces con la muestra, posteriormente los envases se llenan completamente, se tapan y se conservan en una hielera hasta su llegada al laboratorio para su análisis. Este procedimiento de recolección se realiza de la misma forma durante todos los muestreos. Después de hacer la recolección el proceso se divide en dos, las mediciones de parámetros en el sitio (Fig. 1) y las mediciones en el laboratorio. En el sitio se toman a la muestra los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, cloro y sólidos totales. En el laboratorio se miden los demás parámetros como Dureza, Nitratos, metales pesados, DQO, Nitrógeno y Fosforo, la mayoría utilizando los métodos descritos en las normas oficiales vigentes (Fig. 2).



Imagen 2. Procesamiento de muestras en laboratorio

CONCLUSIONES

Hoy en día es necesario determinar la calidad del agua a través de la interpretación de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las pruebas realizadas a lo largo de las cuencas hídricas. Es importante determinar desde un inicio cuál es el objetivo de la determinación de la calidad del agua para seleccionar cuidadosamente los parámetros que nos pueden ayudar al resultado de los problemas particulares en los cuales nos estemos enfocando. Es indispensable

conocer los cimientos metodológicos de cada indicador basados en las Normas oficiales, lo cual permitirá evaluar las estrategias de mejoramiento de calidad del agua.

Es importante conocer la calidad del agua de los mantos acuíferos ya que el arrastre de los plaguicidas, coliformes y demás contaminantes que pueden ser trasladados a lagunas, ríos, agua de mar, humedales, acuíferos y reservorios de agua potable dañan la salud de la población y de los ecosistemas de forma cónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., Panta, J., Ayala, C. y Acosta, E. (2008). Calidad Integral del agua superficial en la cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Revista Internacional Información Tecnológica*, 19, 21-32.
- Bravo L., Saldaña P., Izurieta J., y Mijangos M. (2009) La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo. *CMIC*, 2-10
- Castañé P. M., Loez C. R., Olguín F., Puig A., Rovedatti M. G., Topalián M. L. y Salibián A. (1998). Caracterización y variación espacial de parámetros fisicoquímicos y del plancton en un río urbano contaminado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 14, 69-77.
- Castro MG., Castro MJ., Monroy D., Ocampo C., Cruz C., y Ramírez T. (2015). Los macro invertebrados como indicadores biológicos de la calidad del agua del Río Actopan, Veracruz, México. *Revista digital del departamento el hombre y su ambiente*, 2, 12-19.
- Chapman D. (1996). *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. UNESCO/WHO/UNEP. Champan & Hall, 2, 626.
- Conagua, SEMARNAT. (2014) *Estadísticas del Agua en México*. México.
- Escobar J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Graniel, C. E. y Carrillo, C. M. E. (2006). Calidad del agua del río Zanatenco en el estado de Chiapas. *Revista Académica Ingeniería*, 10, 35-42.
- Hakanson, L., et al. (2000) Development of a system of water quality as a tool for management. Final report to INTAS, Uppsala University, Department of Earth Science: 19,7-11.
- Jáuregui-Medina C. S., Ramírez-Hernández M A., Espinoza-Rodríguez R., Tovar-Rodarte R., Quintero-Hernández B. y Rodríguez-Castañeda I. (2007). Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. *Rev. Latin. Rec. Nat.*, 3, 65-73.
- Jiménez C., B.; J.C. Durán, J. M. Méndez C. Calidad. En: Jiménez C., M.L. Torregrosa y L. Aboites (Eds.). 2010. *El Agua en México: cauces y encauces*. AMC-Conagua. México.
- Martínez J., Fonseca K., Ortega J. L., y García C. (2009). Monitoreo de la calidad Microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México. 1(8),35-46.
- Núñez, J. (2017). Los Derechos Humanos y el Nuevo Orden Económico Mundial. *Revista AFESE*, 12(12).
- Orozco, C., Pérez, A., González, M.N., Rodríguez, F., Alfayate J. (2005). *Contaminación ambiental. Una visión desde la Química*, Tercera edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.

- Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias (No. 3). IICA.
- Rivera-Vázquez R., Palacios-Vélez O. L., Chávez-Morales J., Belmont M. A., Nikolski-Gravilov I., De la Isla de Bauer M. L., Guzmán-Quintero A., Terrazas-Onofre L. y Carrillo-González R. (2007). Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y San Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del Valle de México. Rev. Int. Contam. Ambie. 23, 69-77.
- Samboni N. E., Carvajal Y. y Escobar J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación 27, 172-181.
- NSF - National Sanitation Fundation, Consumer Information: Water Quality Index (WQI). (2006). En: www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp , Visitada: Marzo de 2006
- NORMA NMX-AA-093-SCFI-2018 ANALISIS DE AGUA-MEDICION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN AGUA NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-008-SCFI-2011 ANÁLISIS DE AGUA -DETERMINACIÓN DEL PH - MÉTODO DE PRUEBA
- NMX-AA-072-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUA – DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-079-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUAS -DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-051-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-030/1-SCFI-2012 ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-026-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-029-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.
- NMX-AA-034-SCFI-2015 ANÁLISIS DE AGUA -MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.

NMX-AA-038-SCFI-2001 ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.

NORMA MEXICANA: NMX-AA-042-SCFI- ANÁLISIS DE AGUA ENUMERACIÓN DE ORGANISMOS COLIFORMES TOTALES, ORGANISMOS COLIFORMES FECAL.

INTEGRACIÓN DE LA GENERACIÓN FV Y UNA MINIHIDRÁULICA CON SIMULACIÓN

RAÚL ALBERTO LÓPEZ MERAZ¹, LUIS HERNÁNDEZ CALLEJO², LUIS OMAR JAMED BOZA³, JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RAMOS⁴, JUAN JOSÉ MARÍN HERNÁNDEZ⁵, JORGE LUIS ARENAS DEL ÁNGEL⁶, MARÍA DEL CARMEN ARENAS DEL ÁNGEL⁷, ALBERTO VELÁZQUEZ PÉREZ⁸

RESUMEN

Con el objetivo de dar certidumbre al perfil de consumo de un usuario que cuenta como fuente principal de abastecimiento la generación FV, este trabajo desarrolla el proceso de construcción de un simulador que permite la asociación de una minihidráulica como sistema de respaldo. El desarrollo tecnológico está estructurado en tres partes, a saber: “Sistema radiación-fotovoltaica”, donde se caracteriza la radiación mensual y se cuantifica la energía aportada por arreglos FV de diferente tecnología; “Sistema turbina – generador”, donde se refleja la operatividad de este binomio y se proporciona información de sus condiciones físicas; y “Proyecto general integrado”, donde se combinan ambas generaciones para depender lo menos posible del suministrador externo. El simulador está construido en Matlab, encontrando ajustes con alta calidad predictiva corroborados con el software de aplicación estadística JMP.

Palabras clave: energías renovables; optimización; seguridad energética.

¹ Universidad Veracruzana. raullopez03@uv.mx

² Universidad de Valladolid. luis.hernandez.callejo@uva.es

³ Universidad de Veracruzana. ljamed@uv.mx

⁴ Universidad Veracruzana. jdelangel@uv.mx

⁵ Universidad Veracruzana. jmarin@uv.mx

⁶ Universidad Veracruzana. jorarenas@uv.mx

⁷ Universidad Veracruzana. mararenas@uv.mx

⁸ Universidad Veracruzana. jvelazquez@uv.mx

ABSTRACT

In order to give certainty to the consumption profile of a user whose main source of supply is PV generation, this work develops the process of building a simulator that allows the association of a mini-hydraulic system as a backup system. The technological development is structured in three parts, namely: "Radiation-photovoltaic subsystem", where the monthly radiation is characterized and the energy provided by PV arrays of different technology is quantified; "Turbine - generator subsystem", where the operation of this binomial is reflected and information on its physical conditions is provided; and "Integrated general project", where both generations are combined to depend as little as possible on the external supplier. The simulator is built in Matlab, finding settings with high predictive quality corroborated with the JMP statistical application software.

Keywords: renewable energies; optimization; energy security

INTRODUCCIÓN

El simulador está dirigido a los usuarios interesados en conocer el comportamiento de arreglos fotovoltaicos sin importar su tecnología, la operatividad del sistema de respaldo turbina-generator y la gestión de estas generaciones para sostener el perfil de consumo de un usuario con el objetivo de mejorar la certidumbre en la producción eléctrica. La parte más importante de este producto es el programa "enerceder", el cual está estructurado en tres partes. La primera "Proyecto General Integrado" está dedicada a la asociación de los AFV y la minihidráulica con la intención de abastecer a un usuario y depender lo menos posible del suministrador externo. La segunda opción es el "Subsistema radiación-fotovoltaica" y en ella se caracteriza la radiación mensual y se cuantifica la energía aportada por siete AFV. Por último, el "Subsistema Turbina-Generator" refleja la operatividad de este binomio y da información de cómo se encuentran sus condiciones físicas. Con la intención de darle al usuario un panorama más completo de cómo funciona el simulador se describen las principales características y fundamentos utilizados en la construcción del programa.

METODOLOGÍA

El programa se encuentra desarrollado en las condiciones energéticas del Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER), adscrito al Departamento de Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en los Altos de Lubia (Soria), España. En condiciones ordinarias (con equipos de alto consumo apagados), CEDER reporta una potencia de referencia de 40 kW, a la información obtenida promedio se le aplicó un ajuste *spline* para crear una función del perfil de este consumo. Para ser aplicada en el simulador, se tomó dicha función para convertirla en un modelo polinomial, estimando una dispersión razonable de los días laborales se determinó que la desviación que refleja la conducta del consumo es 0.3. A continuación se definen conceptos relevantes en el desarrollo del simulador.

Matlab: es una plataforma de programación y computación numérica para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos, es desarrollado por mathworks (<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>).

JMP: es una herramienta de análisis de datos generada por SAS *Institute*, abarca temas de control de calidad estadística, confiabilidad y diseño de experimentos (https://www.jmp.com/es_mx/software/data-analysis-software.html).

enerceder: desarrollo tecnológico enfocado a la administración de elementos distribuidos fotovoltaicos con un sistema minihidráulico como respaldo.

Por otra parte, el simulador opera con el Algoritmo Integrado en el Matlab a partir de la versión R2008b, sin embargo, debe ser ejecutado con la versión R2015a o posterior. El Algoritmo se conoce como "Mersenne-Twister" desarrollado por Nishimura & Matsumoto (www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/emt.html). Este algoritmo en el Matlab genera valores de doble precisión en el intervalo cerrado

$[2^{-53}, 1 - 2^{-53}]$ con un período de repetición de $\frac{(2^{19937}-1)}{2}$ que asegura la aleatoriedad de la simulación. En consecuencia, la generación de números aleatorios sigue un comportamiento de distribución uniforme y se encuentra en el intervalo abierto (0,1).

Ya aplicada la subrutina “Mersenne Twister” en el programa se desarrollaron 30 pruebas de hipótesis estadística de media y varianza para la comprobación en 200 números de distribución uniforme (0,1) y ninguna de ellas fue rechazada, en consecuencia, la subrutina anterior y el algoritmo integrado en el Matlab asegura una correcta aleatoriedad en las simulaciones partiendo desde la distribución uniforme. Así mismo, el propio Matlab utiliza internamente estos números uniformes para crear, mediante el algoritmo “Zigurat” que está basado en el Teorema de probabilidad Integral, la aleatorización del comportamiento de números normales, siendo probados mediante hipótesis estadística de media y varianza.

El programa base (enerceder) ofrece al usuario 4 opciones en un menú principal controlando las actividades a realizar. Se tomó la decisión de separar el programa en módulos (subprogramas o subrutinas) que permitieran individualizar acciones de cada una de las partes del proyecto integrador. Las subrutinas son las siguientes:

- enertxt regula las actividades de texto.
- enerradia coordina las actividades de la generación de radiación solar.
- enermes organiza las características individuales de los meses.
- enerint reúne y contabiliza las intermitencias solares.
- enertur sistematiza las actividades del grupo Turbina-Generador con la interconexión de la rutina enerper3 que regula las acciones provenientes de las dos funciones de encendido resultantes de los valores de consigna 1.
- enercon ajusta las actividades del consumo ordinario del CEDER.

Además, existen 6 matrices con la información que caracteriza las particularidades de los 7 arreglos fotovoltaicos (AFV), teniendo presente que la AE3844 regula el comportamiento de dos de ellos. Adicionalmente, se requieren matrices auxiliares que por su importancia son:

- Rad que caracteriza a los coeficientes necesarios para que enerradia pueda entregar la radiación solar.
- rep1a, rep1b, rep2a y rep3a otorgan los datos necesarios para crear los membretes (títulos) de las bases de datos que se generan.

- La matriz binaria Mguia es muy especial porque le permite al programa principal analizar las 127 combinaciones posibles de encendidos y apagados de los sistemas FV, decidiendo la más cercana al cumplimiento requerido por el consumo del CEDER

La simulación de la radiación se obtiene mediante dos distribuciones Gamma, cuyos parámetros fueron obtenidos del análisis de datos medidos en el CEDER durante el periodo noviembre 2010 - mayo 2015 con una *Baseline Surface Network Radiation* (BSNR) la cual, por convenio con la NASA, opera también como verificador/comparador de los tipos y cantidades de radiaciones IR, VIS (Directa, Difusa y Global) y UV. El concepto de Intermitencia requiere un marco de referencia, en este trabajo se determinó, como mejor opción, al Ajuste *Spline* Cúbico con parámetro de suavización 10000 mensualmente. Y se considera como intermitencia toda lectura inferior a esta referencia.

Los sistemas fotovoltaicos son cinco AFV de silicio monocristalino, dos de 4.5 kW, uno de 12 kW, otro de 12.5 kW y el último de 16 kW. Además, se tiene un AFV de silicio policristalino con capacidad de 5 kW y uno de película delgada de telurio de cadmio con potencia de 23.5 kW. La relación mensual entre las mediciones de energía producida y radiación recibida se encuentra con funciones polinomiales en forma de razones que permiten segmentarla a cualquier granularidad. Esta caracterización de forma intrínseca vincula otras características tales como tipo de tecnología, conexiones entre celdas, construcción geométrica, etc. En los meses de alta radiación existe potencia FV entregada a la red que sobrepasa el consumo, en esos casos el propio simulador toma la decisión de “apagar” algún o algunos AFV. Se prevé que en esas situaciones haya $2^7-1= 127$ combinaciones posibles⁹ de encendidos y apagados, se tuvo la necesidad de crear una matriz que guíe al simulador en estas combinaciones.

Por otro lado, el sistema Turbina-Generador está compuesto por una turbina Pelton horizontal con dos inyectores acoplada a un generador asíncrono trifásico. La máxima potencia eléctrica es de 40 kW, con un voltaje de salida de 400 V y 50 Hz. Durante la puesta en marcha del sistema hidráulico se determinaron 4 periodos. El

⁹ El total de combinaciones son 128 pero no se toma en cuenta la opción de mantener apagados los 7 AFV.

primero (T1) es el tiempo necesario para vencer la estática del acoplamiento, el segundo (T2) son los instantes en el que la turbina alcanza los 750 rpm nominales sin que el generador entregue potencia, el tercer periodo (T3) se presenta cuando el conjunto intenta producir lo solicitado desde el panel y el último (T4), corresponde al periodo que el usuario decide deba mantener/entregar el sistema determinada potencia. Entre las características de la operación más importantes se tienen: el límite de diferencia de apertura entre ellos (consigna 1), apertura mínima (consigna 2) y la regulación de su posición máxima (consigna 3). Bajo las condiciones de prueba las consignas 1 y 2 fueron 60 y 4, respectivamente, no obstante, en procedimientos anteriores la combinación entre ellas fue 45 y 8. La información obtenida se completa con el valor de la potencia solicitada (consigna 4 en kW).

APLICACIÓN DEL SIMULADOR

Proyecto General Integrado

Para ejemplificar la interacción entre la generación fotovoltaica y la producción hidráulica se eligen tomar las condiciones operativas del CEDER. Por simplicidad se han simulado dos meses opuestos, enero y junio. De estos meses se han elegido dos días considerando el horario laboral del instituto (17 periodos de 30 minutos): el primero corresponde a un día tipo donde la radiación es mejor que el promedio, y el segundo es aquel donde el insumo solar está por debajo de dicha referencia.

El programa se inicia situando la secuencia del directorio activo y tecleando:

>> enerceder

Se presentará el siguiente texto:

```

-----
Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la
Integración del Respaldo Turbina-Generador
-----
Seleccione la opción de su interés:
1=>Proyecto General Integrado
2=>Subsistema Radiación-FotoVoltaica (Simulación)
3=>Subsistema Turbina-Generador (Simulación)
4=>Salir
-----
Dar su selección: |
  
```

Como se desea la primera opción se tiene:

```

-----
Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la
Integración del Respaldo Turbina-Generador
-----
¿Desea Usar Potencias Nominales FV(kW) del CEDER? 1=>Si, 0=>No: 1
Se utilizarán las Potencias Nominales FV del CEDER
-----
Los valores que se utilizarán son:
FV1037    FV1038    FV1044    FV2000    FV2005    FV2010    FV4360
5.0000    4.5000    4.5000    12.0000    12.5000    16.0000    23.5000
-----
¿Desea Usar la Geometría Actual del CEDER? 1=>Si, 0=>No: 1
-----
Los valores que se utilizarán son:
Htan= 3.3  Dtan= 25  Dtub= 0.225  Hsal= 65
-----
Los volúmenes en m3 requeridos y presión estática en m son:
Tanque Sup.    Tub.Horiz    Tub.Salto    Total        Util        Pest
1619.8837     27.8325     2.5845     1650.3007    1538.8895    68.3000
-----
Dar el Mes a Proyectar (1 a 12): 1
Dar el número de meses (1 a 4): 1
-----
Favor de esperar, máximo tiempo estimado de procesamiento 85.743 segundos
por cada mes, con microprocesador Intel Core i5 7th Gen
-----

```

Se aprecia que el simulador presenta la información de los AFV's y las características de la geometría del conjunto turbina-generador. El programa solicita el mes y el número de éste. Es decir, se introduce el "1" si se quiere enero, "2" si se necesita febrero y así sucesivamente, además, se pueden simular hasta cuatro meses. Para este ejemplo, se elige el mes de enero y solamente un mes. Del mes seleccionado se eligen los días 9 y 16 para enero y 13 y 17 para junio. Como información para el usuario se coloca en pantalla el tiempo máximo computado que debe esperar.

En las tablas 1 - 4 aparecen las potencias individuales de cada sistema FV (P1037, P1038, P1044, P2005, P2010 y P4360), la potencia total FV (PFV), el perfil de consumo del CEDER (PCC), la potencia entregada por la turbina (P_{tur}), la diferencia (Dif) entre el PCC y la sumatoria de PFV y P_{tur}, el porcentaje del gasto que se ha usado (Gas), los valores de consigna 1 (C1), la cantidad de potencia solicitada a la turbina (C4) y los tres tiempos (T1, T2 y T3) en cada una de las operaciones.

Tabla 1. Operaciones de los AFV y Turbina-Generador para el día 9 de enero

P1037 (kW)	P1038 (kW)	P1044 (kW)	P2000 (kW)	P2005 (kW)	P2010 (kW)	P4360 (kW)	PFV (kW)	PCC (kW)	Ptur (kW)	Dif (kW)	Gas (%)	C1	C4 (kW)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)
0.001	0	0.001	0.001	0	0	0.001	0.004	4.612	4.672	-0.064	1.020	60	4.61	60	30	20
0.164	0.139	0.139	0	0.075	0.057	0.028	0.604	10.575	10.32	-	3.099	60	9.97	72	29	43
										0.3511						
0.413	0.355	0.355	0.115	0.611	0.321	0.277	2.450	18.179	15.29	0.4324	6.186	60	15.7	70	28	66
0.597	0.526	0.526	0.778	1.348	0.884	0.939	5.6001	25.865	19.59	0.666	10.23	60	20.2	64	30	92
0.867	0.781	0.781	1.879	2.339	1.976	2.293	10.917	32.372	20.81	0.642	14.55	60	21.4	67	31	102
0.956	0.883	0.883	2.720	2.802	2.937	3.580	14.764	36.975	21.90	0.304	19.15	60	22.2	66	30	107
1.134	1.075	1.075	3.849	4.321	4.321	5.436	20.353	39.536	18.52	0.655	22.95	60	19.1	62	31	89
1.513	1.474	1.474	5.800	4.735	6.690	8.596	30.285	40.412	10.38	-0.259	25.05	60	10.1	64	28	45
1.444	1.443	1.443	5.994	4.626	6.951	9.047	30.951	40.255	9.855	-	27.05	60	9.30	61	28	41
										0.5516						
1.375	1.406	1.406	6.044	4.529	6.891	9.034	30.688	39.772	9.603	-0.519	28.99	60	9.08	67	30	42
1.416	1.475	1.475	6.447	4.779	7.122	9.350	32.065	39.477	7.399	0.0129	30.51	60	7.41	65	28	32
1.429	1.510	1.510	6.633	4.896	7.059	9.234	32.274	39.484	7.312	-	32.01	60	7.21	65	30	31
										0.1018						
1.440	1.534	1.534	6.677	4.914	6.935	9.013	32.050	39.393	7.605	-	33.57	60	7.34	70	28	34
										0.2624						
1.252	1.337	1.337	5.645	4.160	5.894	7.610	27.239	38.312	11.14	-	35.82	60	11.1	65	30	49
										0.0668						
1.111	1.183	1.183	4.700	3.539	5.162	6.653	23.534	35.067	11.55	-	38.13	60	11.5	78	29	50
										0.0175						
0.898	0.951	0.951	3.409	2.757	4.150	5.383	18.501	28.637	10.30	-	40.21	60	10.1	72	31	45
										0.1654						
0.849	0.890	0.890	2.659	2.597	3.880	5.132	16.899	18.875	0	1.9768	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Operaciones de los AFV y Turbina-Generador para el día 16 de enero

P1037 (kW)	P1038 (kW)	P1044 (kW)	P2000 (kW)	P2005 (kW)	P2010 (kW)	P4360 (kW)	PFV (kW)	PCC (kW)	Ptur (kW)	Dif (kW)	Gas (%)	C1	C4 (kW)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)
0.001	0	0	0	0	0.001	0	0.002	5.643	5.970	-0.329	1.257	60	5.64	67	30	24
0.043	0.036	0.036	0	0.020	0.015	0.007	0.159	11.605	11.23	0.2074	3.518	60	11.4	63	28	51
0.151	0.130	0.130	0.040	0.224	0.117	0.101	0.896	19.209	17.80	0.509	7.152	60	18.3	75	29	84
0.277	0.243	0.243	0.359	0.624	0.407	0.432	2.588	26.896	24.29	0.0135	12.33	60	24.3	69	31	119
0.319	0.287	0.287	0.690	0.860	0.727	0.844	4.017	33.403	27.71	1.678	18.45	60	29.4	69	29	150
0.328	0.303	0.303	0.931	0.961	1.004	1.223	5.056	38.005	29.85	3.098	25.20	60	31.8	78	31	170
0.345	0.327	0.327	1.167	1.052	1.310	1.647	6.177	40.567	27.84	6.545	31.36	60	29.2	64	31	151
0.377	0.366	0.366	1.432	1.178	1.650	2.117	7.489	41.442	25.80	8.153	36.95	60	26.8	67	30	134
0.515	0.514	0.514	2.140	1.650	2.481	3.231	11.049	41.285	23.66	6.571	41.98	60	24.6	68	28	117
0.528	0.540	0.540	2.322	1.740	2.648	3.471	11.791	40.803	21.91	7.098	46.57	60	22.6	77	31	108
0.423	0.441	0.441	1.932	1.432	2.131	2.797	9.600	40.508	20.28	10.630	50.76	60	20.8	70	30	97
0.414	0.437	0.437	1.922	1.419	2.047	2.678	9.357	40.515	18.15	13.006	54.63	45	19.2	77	54	119
										1						
0.507	0.540	0.540	2.347	1.727	2.434	3.162	11.259	40.424	15.24	13.921	57.81	45	15.9	78	55	94
0.376	0.402	0.402	1.693	1.248	1.770	2.285	8.180	39.343	14.16	17.002	60.74	45	14.8	73	56	87
0.448	0.478	0.478	1.896	1.428	2.084	2.686	9.499	36.098	13.28	13.318	63.50	45	13.7	62	54	81
0.320	0.339	0.339	1.213	0.983	1.479	1.920	6.595	29.668	12.39	10.682	66.07	45	12.8	65	53	74
0.281	0.294	0.294	0.878	0.860	1.285	1.700	5.594	19.906	11.53	2.776	68.46	45	11.9	65	53	69

En la Tabla 1 es posible subrayar algunas características importantes. En todo el día el simulador decidió mantener los 7 AFV conectados, ya que PFV no superó la demanda del CEDER. Sólo en la última operación no fue necesaria la integración de la turbina, puesto que la diferencia entre lo requerido por el CEDER y lo producido por la parte solar fue menor a los 2 kW (1.9768 kW). Otro aspecto para considerar es que a pesar de no ser uno de los mejores días del año el volumen útil del tanque superior no bajó del 50 %, es decir, no entró consigna 1 = 45. Debido a las

características propias del mes, los primeros momentos del día fueron cuando la hidráulica proporcionó la mayor parte de lo requerido.

Para visualizar los dos días seleccionados se grafican con el simulador los tres comportamientos, el consumo, la producción FV y la generación de la turbina. La Figura 1 muestra lo anterior.

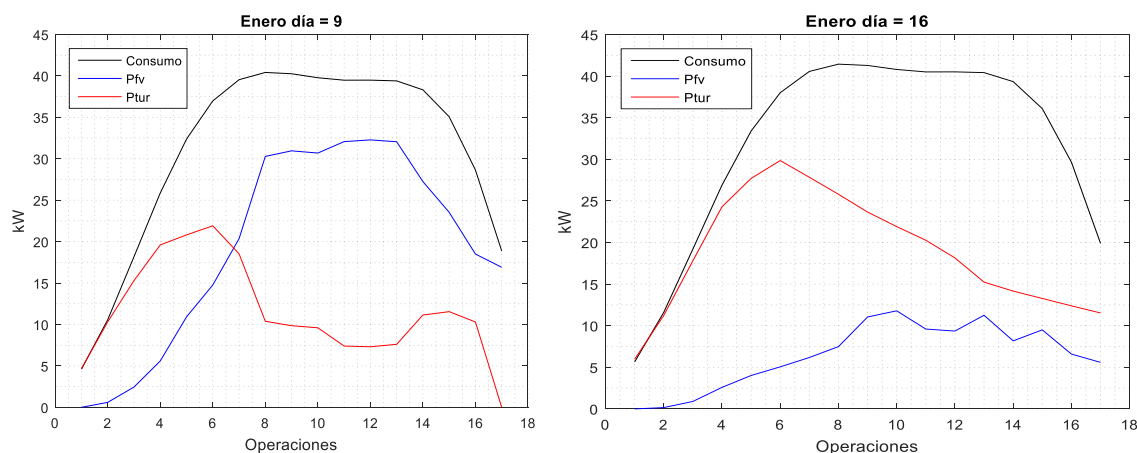


Fig. 1. Integración de los AFV y el binomio Turbina-Generador con el consumo de CEDER el 9 y 16 de enero.

En el día nueve la producción FV alcanzó valores cercanos a 32 kW, entre las 12:30 - 13:30 hrs. (operaciones 11 – 13), siendo en este intervalo donde la generación hidráulica aportó la menor cantidad de potencia (7.5 kW). En este día prácticamente no sería necesario comprar potencia de la red externa. Por el contrario, el día 16, debido a la baja radiación, el conjunto de los sistemas FV alcanzó 11.8 kW, y en ese momento la turbina entregó 21.9 kW; en esa operación, se tendría que adquirir del suministrador 7.1 kW para satisfacer el perfil del consumo. La principal diferencia entre los días simulados es que la aportación de la turbina, en el día “malo”, siempre fue superior a la que entrega el total de los sistemas FV. No obstante, en este día y en general en los días de pobre radiación, la capacidad de la turbina, al tener que soportar la mayor parte de la generación, no puede producir en muchos momentos la diferencia entre la demanda del CEDER y la potencia FV, esto provoca que exista la necesidad de comprar potencia en 16 de los 17 periodos de operación. Como es de esperar, dada la condición ambiental, fue necesario utilizar un mayor volumen del tanque superior, alcanzando casi el 70 %, ocasionando la presencia de las dos condiciones de consigna 1.

En la Figura 2 se visualiza el comportamiento de los días simulados de junio.

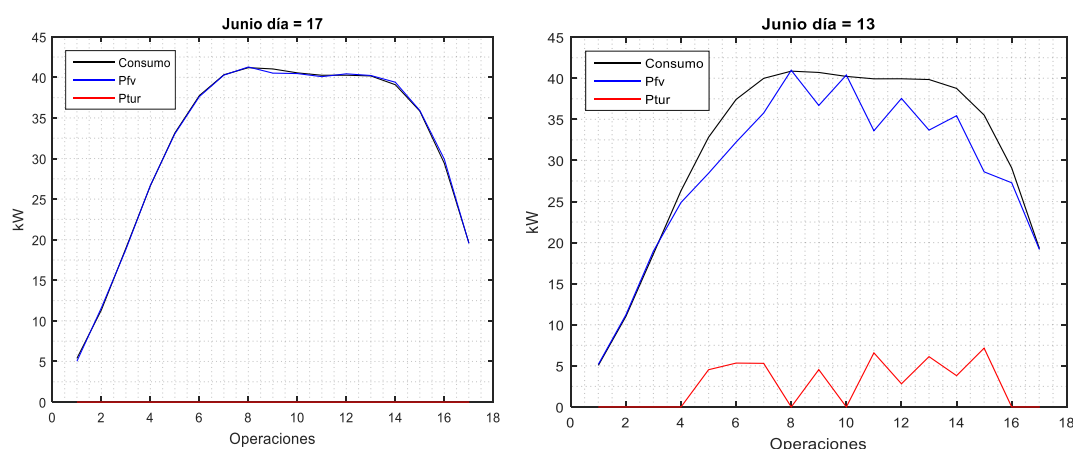


Fig. 2. Integración de los AFV y el binomio Turbina-Generador con el consumo de CEDER el 13 y 17 de junio

Comparado con los días simulados de enero, el 17 de junio es el reflejo de las mejores condiciones de radiación y, por ende, de la producción FV. En este día, es evidente que la turbina, en ningún momento, entró para satisfacer el consumo del CEDER. Sin embargo, en la novena operación sería preciso adquirir 514 W de la red suministradora. En promedio, son suficientes cuatro de los siete AFV para abastecer la demanda eléctrica. En cambio, el 13 de junio fue necesario integrar nueve veces la Pelton sin llegar a ocupar el 10 % del volumen del tanque, su media fue de 5.13 kW. En las restantes ocho operaciones el simulador decidió neutralizar, en cinco de ellas, algunos sistemas FV. Las tablas 3 y 4 detallan los comportamientos de los AFV y de la turbina en los días mencionados.

Tabla 3. Operaciones de los AFV y Turbina-Generador para el día 17 de junio

P1037 (kW)	P1038 (kW)	P1044 (kW)	P2000 (kW)	P2005 (kW)	P2010 (kW)	P4360 (kW)	PFV (kW)	PCC (kW)	Ptur (kW)	Dif (kW)	Gas (%)	C1	C4 (kW)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)
0	0	0	0	0	5.033	0	5.033	5.392	0	0.358	0	0	0	0	0	0
0	0	1.392	2.339	0	7.895	0	11.626	11.354	0	-0.272	0	0	0	0	0	0
2.025	0	1.836	0	5.135	9.810	0	18.807	18.958	0	0.150	0	0	0	0	0	0
2.411	0	2.179	5.093	6.157	10.866	0	26.708	26.644	0	-0.063	0	0	0	0	0	0
0	0	0	7.085	8.046	0	17.917	33.049	33.151	0	0.102	0	0	0	0	0	0
0	3.038	3.038	0	0	12.600	18.955	37.633	37.754	0	0.121	0	0	0	0	0	0
0	0	0	9.424	10.223	0	20.626	40.274	40.316	0	0.041	0	0	0	0	0	0
3.462	0	0	9.083	9.815	0	18.915	41.276	41.191	0	-0.085	0	0	0	0	0	0
3.904	0	3.614	10.485	11.365	11.149	0	40.519	41.034	0	0.514	0	0	0	0	0	0
0	3.729	3.729	0	11.866	0	21.138	40.465	40.551	0	0.086	0	0	0	0	0	0
4.289	0	0	11.731	12.890	11.173	0	40.084	40.256	0	0.171	0	0	0	0	0	0
0	0	4.216	0	13.458	0	22.756	40.432	40.263	0	-0.1677	0	0	0	0	0	0
3.467	0	0	0	10.400	9.008	17.351	40.228	40.172	0	-0.0556	0	0	0	0	0	0
0	3.694	3.694	10.353	11.482	10.174	0	39.399	39.091	0	-0.3080	0	0	0	0	0	0
0	3.553	3.553	0	10.776	0	18.036	35.918	35.846	0	-0.0721	0	0	0	0	0	0
0	0	3.197	8.652	9.419	8.660	0	29.929	29.417	0	-0.5121	0	0	0	0	0	0
3.448	0	0	0	0	0	16.153	19.602	19.654	0	0.0523	0	0	0	0	0	0

Tabla 4. Operaciones de los AFV y Turbina-Generador para el día 13 de junio

P1037 (kW)	P1038 (kW)	P1044 (kW)	P2000 (kW)	P2005 (kW)	P2010 (kW)	P4360 (kW)	PFV (kW)	PCC (kW)	Ptur (kW)	Dif (kW)	Gas (%)	C1	C4 (kW)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)
0	0	0	0	1.682	3.492	0	5.174	5.062	0	-0.112	0	0	0	0	0	0
0	0	0.713	1.209	0	4.037	5.248	11.208	11.024	0	-0.184	0	0	0	0	0	0
0	0	1.045	2.163	2.924	5.587	7.250	18.971	18.628	0	-0.342	0	0	0	0	0	0
1.385	1.252	1.252	2.941	3.540	6.215	8.293	24.880	26.315	0	1.434	0	0	0	0	0	0
1.610	1.456	1.456	3.688	4.194	6.680	9.352	28.440	32.822	4.531	-0.149	0.995	60	4.38	65	28	19
1.856	1.684	1.684	4.516	4.969	6.999	10.515	32.226	37.424	5.338	-	2.135	60	5.20	62	29	23
										0.1409						
2.093	1.910	1.910	5.324	5.773	7.135	11.622	35.768	39.986	5.306	-1.088	3.271	60	4.22	73	29	22
2.427	2.228	2.228	6.358	6.870	7.587	13.268	40.967	40.861	0	-0.106	0	0	0	0	0	0
2.199	2.035	2.035	5.901	6.394	6.303	11.820	36.689	40.704	4.545	-	4.272	60	4.01	70	30	21
										0.5305						
0	0	2.581	7.531	8.216	7.444	14.616	40.390	40.222	0	-	0	0	0	0	0	0
										0.1683						
2.048	1.925	1.925	5.602	6.159	5.326	10.620	33.608	39.927	6.585	-	5.646	60	6.32	62	31	29
										0.2672						
2.299	2.172	2.172	6.276	6.937	5.938	11.742	37.540	39.934	2.819	-0.426	6.338	60	2.39	77	30	12
2.078	1.973	1.973	5.619	6.236	5.399	10.405	33.686	39.843	6.123	0.0335	7.621	60	6.16	71	30	29
2.207	2.100	2.100	5.881	6.521	5.784	10.844	35.439	38.762	3.807	-	8.487	60	3.32	61	30	18
										0.4853						
1.805	1.716	1.716	4.723	5.207	4.725	8.713	28.608	35.517	7.157	-	9.960	60	6.91	74	28	30
										0.2489						
1.754	1.662	1.662	4.493	4.887	4.494	8.325	27.279	29.087	0	1.808	0	0	0	0	0	0
2.103	0	1.980	5.281	0	0	9.852	19.218	19.325	0	0.1070	0	0	0	0	0	0

De acuerdo con la Tabla 3, los extremos son los periodos en los que menos AFV están presentes, destacando que en ningún instante fue imprescindible mantener los siete sistemas solares, los que tuvieron mayor frecuencia fueron los P2005, P1044 y P2010; en contraste, el de menor aparición fue el P1038. Por el contrario, el 13 de junio requirió 12 veces la presencia de la totalidad de producción FV siendo en los extremos, una vez más, donde el simulador desconecta el mayor número de AFV. En relación con la turbina, la potencia entregada (Ptur) a la microred del CEDER, en total, fue superior a la solicitada (C4), esta diferencia es del orden de los 3.3 kW. Cabe destacar que la máxima diferencia entre el PCC y PFV fueron 6.91 kW que sin tener el sistema de respaldo hubiera sido necesario su compra.

Es importante resaltar que al finalizar la graficación de los días del mes el programa envía mensajes de la potencia diaria que se debe comprar o la que se inyecta a la red del suministrador. Además, en esta opción el simulador crea dos archivos: Reporte.txt y Prueba.xlsx¹⁰. En el primero se guarda todo lo que se ha tecleado y los resultados que el simulador presenta en pantalla, el segundo genera dos hojas de Excel “CompFV” y “CompFVTur”. En la primera aparecen todos los días del mes elegido y coloca los valores de la radiación, la potencia individual de los siete AFV's,

¹⁰ El nombre es el que el usuario decida

la potencia total FV (P_{tot}), los valores de consumo del CEDER (PCC) y la diferencia entre PCC y P_{tot} , todo a una granularidad de cinco minutos. Por su parte, “CompFVTur” genera de forma diaria las 17 operaciones del simulador, tal como lo muestran las Tablas 1-4. Resulta importante mencionar que el simulador permite incrementos en las potencias FV y en la geometría de alimentación de la turbina-generador. Estos intervalos son los mostrados en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Incrementos permitidos en los sistemas fotovoltaicos

AFV	Condición CEDER (kW)	Máximo Permitido (kW)
FV1037	5	6.5
FV1038	4.5	6
FV1044	4.5	6
FV2000	12	16
FV2005	12.5	16.5
FV2010	16	21
FV4360	23.5	30.5

Tabla 6. Incrementos permitidos binomio turbina-generador

Característica	Condición CEDER (m)	Máximo Permitido (m)
Altura tanque superior	3.3	4.13
Diámetro tanque superior	25	31
Diámetro tubería alimentación	0.225	0.320
Altura del salto	65	70

Subsistema Radiación - Fotovoltaica

El programa se inicia situando la secuencia del directorio activo y tecleando:

>> enerceder

Se presentará el siguiente texto:

```

-----
Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la
Integración del Respaldo Turbina-Generador
-----
Seleccione la opción de su interés:
1=>Proyecto General Integrado
2=>Subsistema Radiación-FotoVoltaica (Simulación)
3=>Subsistema Turbina-Generador (Simulación)
4=>Salir
-----
Dar su selección: |
    
```

Como se desea la segunda opción con las condiciones nominales del CEDER y simulando un año se tiene:

Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la Integración del Respaldo Turbina-Generador				
¿Desea Usar Potencias Nominales actuales del CEDER? 1=>Si, 0=>No: 1				
Se utilizarán las Potencias Nominales del CEDER				
Dar el número de años a simular (1 a 4): 1				
Se está creando el esquema:				
Se ha creado el esquema: pruebal.xlsx				
Tiempo de Ejecución: 37.582 seg				
Año= 1	Mes= 1	Fda= 0.45161	Ppmed= 27.77119	NoInter= 98
Año= 1	Mes= 2	Fda= 0.35714	Ppmed= 40.35457	NoInter= 280
Año= 1	Mes= 3	Fda= 0.51613	Ppmed= 52.53014	NoInter= 196
Año= 1	Mes= 4	Fda= 0.53333	Ppmed= 56.78582	NoInter= 78
Año= 1	Mes= 5	Fda= 0.80645	Ppmed= 70.70663	NoInter= 314
Año= 1	Mes= 6	Fda= 0.63333	Ppmed= 75.98710	NoInter= 520
Año= 1	Mes= 7	Fda= 0.77419	Ppmed= 78.85673	NoInter= 770
Año= 1	Mes= 8	Fda= 0.74194	Ppmed= 79.23796	NoInter= 609
Año= 1	Mes= 9	Fda= 0.73333	Ppmed= 55.29525	NoInter= 358
Año= 1	Mes= 10	Fda= 0.48387	Ppmed= 49.93671	NoInter= 423
Año= 1	Mes= 11	Fda= 0.30000	Ppmed= 27.22074	NoInter= 444
Año= 1	Mes= 12	Fda= 0.38710	Ppmed= 26.97619	NoInter= 266

Donde F_{da} es el factor de días donde la radiación es mayor que la referencia mensual *spline* y P_{pmed} corresponde a la potencia FV pico promedio de todos los AFV y NoInter es el número de intermitencias máximas en cada mes.

En los resultados anteriores se observan tres meses que no cubrirían, en promedio, la demanda máxima del CEDER. Por su parte, los meses de verano abastecerían sin ninguna dificultad este requerimiento, incluso habría que definir, como se vio en la sección previa, cuál y/o cuáles generadores solares interrumpirían su conexión a la microred. Lo anterior se refleja claramente en los F_{da} . Durante los meses de junio-agosto la P_{pmed} está muy cerca de la potencia FV nominal instalada. Como refleja la simulación, la menor producción, frecuentemente, está presente en los meses “fríos” (noviembre - enero).

La Figura 3 es el resultado de la simulación de radiación e intermitencias del mes de enero. El gráfico marca, claramente, la formación de dos días tipo, mostrando los momentos donde existe radiación solar, teniendo como valores pico los 700 W/m². El histograma rojo representa la frecuencia de las intermitencias desde una hasta las que, de forma contigua, superan las 25; es decir, la última barra cuantifica la aparición de intermitencias mayores/iguales a dos horas, se destaca que el 40 %

corresponde a intermitencias de cinco minutos. La gráfica inferior indica la potencia radiante “perdida” en las intermitencias, las individuales, por ejemplo, representan un déficit de 200 W/m².

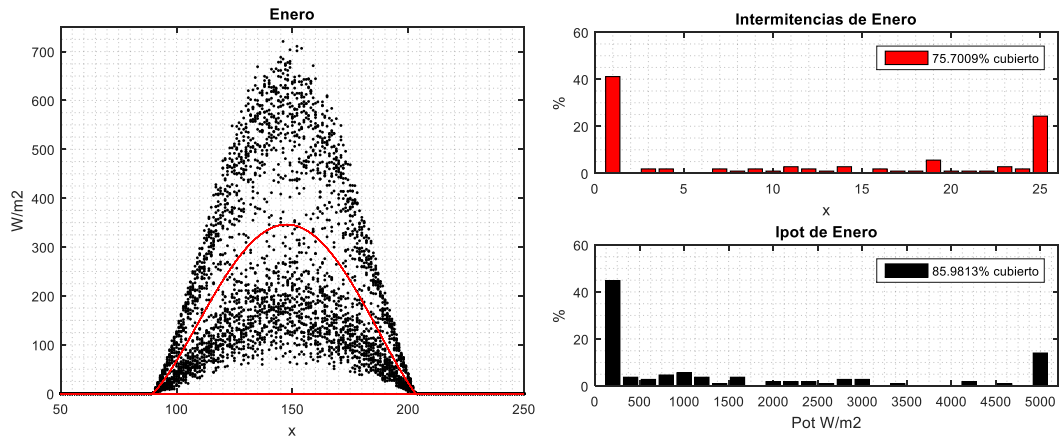


Fig. 3. Radiación e intermitencias de enero

Con la intención de mostrar las diferencias en la radiación y sus intermitencias, la Figura 4 expone lo ocurrido en el mes de junio.

Como es de esperar, junio tiene un mayor potencial solar, dificultando el reconocimiento de los dos tipos de día. Aunque el número de intermitencias en este mes es considerablemente mayor a las ocurridas en enero, aproximadamente el 67 % de las veces está presente solo una de ellas; dicho de otra forma, es menor la falta de energía radiante a cubrir por un posible sistema de respaldo. Además, es apreciable la disminución en la periodicidad de estas irregularidades.

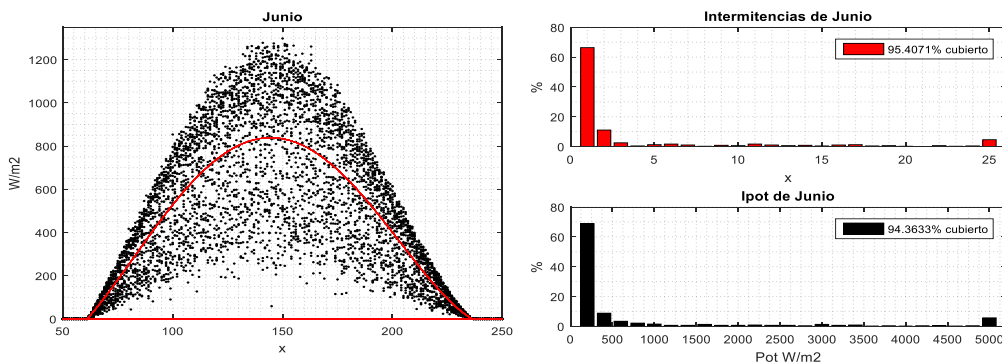


Fig. 4. Radiación e intermitencias de junio

Cabe señalar que en esta opción el simulador genera una base de datos en Excel (Prueba.xlsx¹¹). Se conforma de 12 hojas, una por mes, de diferente longitud. Cada una dispone de 14 columnas modificando el número de renglones, en función de los días con los que cuentan los meses, es decir, se tienen 8928, 8640 y 8064. La información que se registra está en periodos de cinco minutos y consiste en la hora del día, la radiación (W/m^2), la presencia/ausencia de intermitencias (1/0), el déficit de potencia por cada intermitencia (W/m^2), la energía (Wh) de cada uno de los 7 AFV, la suma de energía FV y la potencia total (W) otorgada por el conjunto de sistemas solares. Al igual que el caso uno, se genera un archivo de respaldo con la información introducida al simulador y con los resultados que éste entrega en pantalla (Reporte1.txt).

Subsistema Turbina - Generador

El programa se inicia situando la secuencia del directorio activo y tecleando:

>> enerceder

Se presentará el siguiente texto:

```

-----
Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la
Integración del Respaldo Turbina-Generador
-----
Seleccione la opción de su interés:
1=>Proyecto General Integrado
2=>Subsistema Radiación-FotoVoltaica (Simulación)
3=>Subsistema Turbina-Generador (Simulación)
4=>Salir
-----
Dar su selección: |

```

Como se desea la tercera opción con las condiciones nominales del CEDER se tiene:

```

-----
Programa Simulador para la Optimización de la Generación Solar FV con la
Integración del Respaldo Turbina-Generador
-----
¿Desea Usar la Geometría Actual del CEDER? 1=>Si, 0=>No: 1
-----
Los valores que se utilizarán son:
Htan= 3.3 Dtan= 25 Dtub= 0.225 Hsal= 65
-----
Los volúmenes en m3 requeridos y presión estática en m son:
Tanque Sup.    Tub.Horiz    Tub.Salto    Total        Util        Pest
1619.8837      27.8325     2.5845       1650.3007    1538.8895   68.3000
-----

```

¹¹ El nombre es el que el usuario decida

Donde H_{tan} es la altura del tanque superior (m), D_{tan} es el diámetro del tanque en (m), D_{tub} es el diámetro de la tubería de alimentación (m), H_{sal} es el salto de la turbina (m), Tanque Sup. es el volumen del tanque superior, Tub. Horiz es el volumen de la tubería horizontal, Tub. Salto es el volumen de la tubería del salto, Util es el volumen útil y Pest es la presión estática, los volúmenes están en m^3 y la presión en m.

Para demostrar el funcionamiento de esta sección del simulador se solicitó la máxima potencia que podría aportar, en cada momento, el conjunto turbina – generador y el límite del tiempo propuesto, es decir, tres horas. El simulador despliega la siguiente información.

```

-----
Asignar Potencia Solicitada en kW hasta 39.00
Dar Consigna 4, en kW: 39
¿Cuántos periodos de 5 min debe mantener lo solicitado (de 3 a 36)? : 36
-----
El volumen gastado en m3 es: 919.967 ha consumido el 59.781 % del volumen útil
Los tiempos para vencer la estática, lograr 750rpm y alcanzar consigna 4 son:
T1= 59   T2= 30   T3 = 246 segundos
-----
    
```

La Tabla 7 resume los resultados obtenidos. Con las particularidades de la simulación fue posible efectuar cinco operaciones de 36 periodos de cinco minutos. Lo expuesto en la tabla 5 es el promedio de todas las ejecuciones, la primera opción permitió solicitar 39 kW (Cons. 4) y la simulación se acercó en un 99.48 %. La máxima variación ocurrió en la segunda petición disminuyendo el 64 % de los 39 kW. Es destacable que, al solicitar el máximo de potencia por tres horas, sólo en la primera operación la consigna uno toma el valor de 60, en las restantes, al reducir el volumen útil más del 50 % cambió a 45. La Figura 5 presenta los volúmenes de las cinco operaciones.

Tabla 7. Funcionamiento del binomio Turbina - Generador

Periodo	Pot. Sim (kW)	lt/periodo	Cons.1	Cons.2	Cons.3	Cons.4 (kW)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)
1	38.7979	25640.713	60	4	15	39	64	30	245
2	13.9595	7467.6913	45	8	15	13.99	62	54	82
3	7.8698	4338.0401	45	8	15	7.72	75	53	44
4	4.4652	2626.861	45	8	15	4.15	70	54	24
5	2.2812	1572.9507	45	8	15	1.98	65	56	13

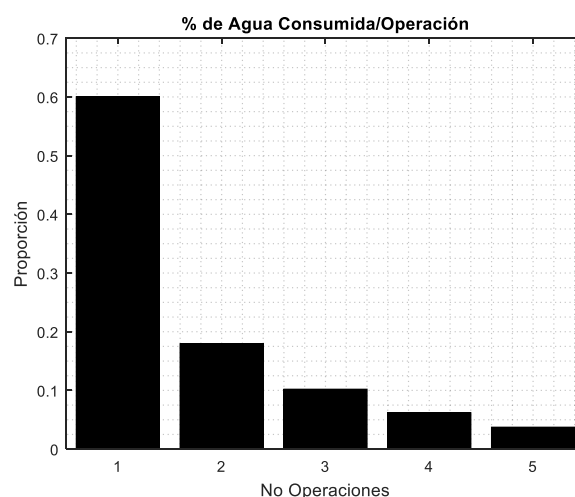


Fig. 5. Relación del consumo de agua por operación

Resulta claro que el agua consumida es proporcional a la solicitud de potencia, los porcentajes en cada operación son: 60, 17.93, 10.19, 6.19 y 3.72, respectivamente. El simulador después de la última solicitud, al estar muy cerca del límite permitido, manda la leyenda “¡Agotada la hidráulica!” e impide al usuario continuar en esta opción.

Esta opción del simulador crea dos archivos: Reporte3.txt y Prueba2.xlsx¹². En el primero se guarda todo lo que se ha tecleado y los resultados que el simulador presenta en pantalla, el segundo genera una hoja de Excel donde están presentes las variables: número de periodo, potencia de periodo (kw), litros por periodo, consigna 1, consigna 2, consigna 3 y consigna 4.

CONCLUSIONES

Los resultados, a través del simulador, constituyen un aporte significativo en los siguientes aspectos: a) comprensión y análisis del comportamiento estocástico de la radiación, b) estudio de las fluctuaciones de la generación intermitente, c) contribución al conocimiento para una óptima operación de la minihidráulica, y d) gestión de diferentes generaciones para satisfacer los requerimientos de un consumidor. El simulador está desarrollado con base en las condiciones energéticas del CEDER, sin embargo, es fácilmente adaptable a otras situaciones,

¹² El nombre es el que el usuario decida

principalmente modificando los parámetros de las Gamma. De este modo su aplicación es extensa, principalmente en el desarrollo de prácticas de laboratorio en niveles de posgrado y en la actividad comercial donde se pueden llevar a cabo diversos ejercicios para proponer soluciones en el área de sistemas fotovoltaicos autónomos e interconectados a la red.

El objetivo principal se ha logrado balanceando la generación FV junto con la producción hidráulica satisfaciendo el perfil de consumo del CEDER. Sin embargo, el comportamiento particular de radiación en cada mes produce diversas situaciones donde el simulador toma decisiones tanto del tiempo que debe operar la turbina como si es necesario interrumpir la aportación de los sistemas FV. En este sentido, en los meses de julio y agosto prácticamente es inútil la participación de la generación hidráulica y no será oportuno en gran parte de los días la inyección de todos los AFV, de este modo, se sugiere que en estos meses se destine la minihidráulica a proyectos de investigación. Se consideró pertinente no encender el sistema turbina – generador si el faltante de potencia es a lo más 2 kW y comprar esa diferencia, siendo el peor escenario un faltante de 34 kW en un día con buen recurso solar. Por el contrario, en los días donde la radiación esté por debajo de lo esperado la combinación de energía solar e hidráulica no será suficiente para cubrir el consumo del CEDER.

USO DE *HELICONIA SPP.*, Y *CANNA SPP.*, EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

JOSÉ ANTONIO FERNÁNDEZ VIVEROS¹, LUIS CARLOS SANDOVAL HERAZO², JACEL ADAME GARCÍA³,
FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS⁴

RESUMEN

Las plantas son un componente importante en los sistemas de Humedales Construidos (HC), contribuyen a la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales tratadas en ellos en rangos 15 a 25% y el uso de plantas ornamentales ha ganado importancia en los últimos años por su valor paisajísticos y capacidad de tratar aguas residuales, aún que son muy poco conocidos la información al respecto. El objetivo de este estudio fue indagar sobre el Uso de *Heliconia spp.*, y *Canna spp.*, en el tratamiento de aguas residuales en Humedales Construidos para el tratamiento de aguas residuales para lo cual se realizó una búsqueda de la información encontrando en los reportes, diferentes tipos de vegetación en los cuales destacan estas especies por su adaptabilidad, tolerancia a las concentraciones de contaminantes y altas eficiencias de remoción.

Palabras clave: Humedales construidos, tratamiento de aguas residuales, plantas ornamentales, *Heliconia spp.*, *Canna spp.*

ABSTRACT

Plants are an important component in Constructed Wetlands (HC) systems, they contribute to the elimination of pollutants present in wastewater treated in them in ranges from 15 to 25% and the use of ornamental plants has gained importance in recent years due to its landscaping value and capacity to treat wastewater, even though the information in this regard is very little known. The objective of this study

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jose.fv@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. lcsandovalh@itsm.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

was to inquire about the Use of *Heliconia* spp., And *Canna* spp., In the treatment of wastewater in Constructed Wetlands for the treatment of wastewater for which a search of the information was carried out, finding in the reports, different types of vegetation in which these species stand out for their adaptability, tolerance to pollutant concentrations and high removal efficiencies.

Keywords: Built wetlands, wastewater treatment, ornamental plants, *Heliconia* spp., *Canna* spp.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) solamente el 20% de las aguas residuales a nivel mundial reciben un tratamiento. Esto es un problema creciente, pues la disponibilidad del agua va en decremento ya que los mantos acuíferos son contaminados por diferentes aguas residuales industriales sobre todo en países en desarrollo (Hernández-Salazar, 2018). Los tratamientos de aguas residuales convencionales, pueden incluir la combinación de procesos físicos, químicos y biológicos como: sedimentación, coagulación, floculación, filtración, lodo activado, oxidación química, neutralización, lagunas de estabilización, reducción, osmosis inversas y biológicos (EPA, 2003; Oulton et al., 2010; Guillosoy et. al., 2019). Estos sistemas y otros, además de ser muy caros y que requieren personal especializado, no están diseñados para eliminar diversos contaminantes, otras tecnologías que han sido aplicadas a gran escala han presentado mejores resultados e incluyen biorreactores de membrana, adsorción por carbón activado, microfiltración, ultrafiltración nanofiltración, procesos avanzados de oxidación (ozonización y UV / H₂O₂). (Oulton et al., 2010).

En la actualidad se están utilizando métodos tecnológicos y ecológicos abaten los costos de construcción, en ración y mantenimiento como una excelente alternativa viable para zonas rurales, micro y pequeñas empresas como los Humedales construidos HC que presentan grandes ventajas ya que los procesos físicos, químicos y biológicos de degradación curren por sus componentes (planta, sustrato y los microorganismos), todos interactuando de manera simultánea, contribuyendo a eliminar diferentes tipos de contaminantes (Zhang et al., 2014). Precisamente uno

de sus elementos fundamentales en estos Humedales construidos son sus plantas quienes realizan la función de absorción ya que elementos como (nitrógeno, fósforo, entre otros) los utilizan para su desarrollo y crecimiento, otros compuestos son adsorbidos por ellas proporcionando condiciones para el desarrollo de microorganismos los cuales realizan en simbiosis con ellas los procesos de depuración.

Las plantas son un componente importante en los sistemas de Humedales Construidos (HC), contribuyen a la eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales tratadas en ellos en rangos 15 a 25% y el uso de plantas ornamentales ha ganado importancia en los últimos años por su valor paisajísticos y capacidad de tratar aguas residuales, aún que son muy poco conocidos la información al respecto, En este sentido el El objetivo de este estudio fue indagar sobre el Uso de *Heliconia* spp., y *Canna* spp., en el tratamiento de aguas residuales en Humedales Construidos para el tratamiento de aguas residuales.

DESARROLLO

La vegetación en los humedales construidos (HC) es sin duda, un factor indispensable que ha sido tema de investigaciones sobre todo en regiones tropicales y subtropicales ya que en éstas presentan las mejores condiciones para muchas especies como *Phragmites australis* (Common reed), especies del género *Scirpus* (*lacustris*, *validus*, *californicus* and *acutus*) spp., y especies de *C. papyrus*, y *Typha* (*latifolia*, *angustifolia*, *domingensis*, *orientalis* and *glauca*), que han sido de las más estudiadas en todo el mundo Vymazal (2011) ésta última también en México (Marín-Muñiz, 2017). En los últimos años alcatraces (*Zantedeschia aethiopica*), caña de indias o platanillo (*Canna hybrid* y otras *Cannas*), varias especies de *Heliconias* (Carrera, 2016), han sido evaluadas y probadas en sistemas de humedales construidos. Los HC tienen el objetivo principal la depuración de las aguas residuales, sin embargo, al utilizar plantas específicamente de tipo ornamental, que además de ser eficientes en estos procesos, también mejoran su apariencia estética y puede ser un medio económico para la comercialización de sus flores y darle un reuso al agua tratada. (Marín-Muñiz, J. 2017).

Este trabajo tiene como finalidad poder valorar a las especies de *Heliconia* spp y *Canna indica* en los tratamientos de aguas residuales por medio de los HC.

La *Canna indica* pertenece a la especie *C. indica*; L., 1753, familia Cannaceae, clase Liliopsida, Orden Zingiberales. Es una planta rizomatosa, perenne, erguida y vigorosa, llega crecer hasta los 3,5 m de altura. Presenta rizomas que se ramifican horizontalmente llegando a medir hasta 60 cm de largo y 10 cm de diámetro, raíces fibrosas gruesas. Posee un tallo de 1 a 1,5 m de altura, sus hojas están dispuestas en espiral con grandes vainas abiertas, un nervio central prominente. Su inflorescencia terminal, racimosa, generalmente simple o algunas ocasiones ramificada, con flores bisexuales, simples o pareadas, irregulares. Se reproduce por semilla y vegetativamente a través de sus rizomas. Se desarrolla adecuadamente en climas tropicales y subtropicales que puede ir desde México al norte de Chile. Esta planta es fácil de cultivar y resistente a condiciones adversas, como es el caso de aguas tratadas, se reproduce rápidamente y generalmente florece 1 año (u 8 meses) después de haber sido plantada, las flores continúan durante la vida de la planta. (CABI, 2016; Peña & Infante, 2012; Sandoval-Herazo, L et al. 2020).

Las *Heliconias* pertenecen a la familia Heliconiaceae dentro del Orden de las Zingiberales formado por ocho familias separadas y más de 2000 especies. La gran mayoría de estas familias son nativas de regiones tropicales). La familia Heliconiaceae es único género; la *Heliconia*, representado por plantas herbáceas, de hojas simples, dispuestas en dos filas verticales opuestas; sus inflorescencias son terminales, erectas o péndulas, pedunculadas, las espatas son dísticas a helicoidales, ciatiformes o cimbiformes, con brácteas envolventes; las flores son hermafroditas y asimétricas óvulos solitarios en cada lóculo. (Berry, Kress, 1991, Gutiérrez-Báez, 2000).

Se estima que el género *Heliconia* incluye unas 250 especies. Las características distintivas de esta familia son las flores invertidas, muchas son producidas como plantas de ornato por sus flores. (Jerez, 2007, Gutiérrez-Báez, 2000).

Las *heliconias* se distribuyen en Centro y Sudamérica, el Caribe y en algunas Islas del Pacífico Sur (Berry y Kress, 1991). Con cerca de 100 especies registradas, Colombia ocupa el primer lugar en diversidad de *heliconias* en el mundo y en octavo

lugar México con 16 especies de heliconias nativas: *Heliconia adflexa* (Griggs) Standl., *H. aurantiaca* Ghiesbr., *H. bihai* L., *H. bourgaeana* Petersen, *H. champneiana* Griggs, *H. collinsiana* Griggs, *H. latispatha* Benth, *H. librata* Griggs, *H. mariae* J. D. Hooker, *H. mooreana* R. R. Smith, *H. schiedeana* Klotzsch, *H. spissa* Griggs, *H. tortuosa* Griggs, *H. uxpanapensis* C. Gutiérrez-Báez, *H. vaginalis* Benth. subsp. *mathiasiae* (G. S. Daniels y F. G. Stiles) L. Anders. y *H. wagneriana* Petersen (Gutiérrez-Báez, 2000; Kress et al., 2004; Sosa-Rodríguez, 2004).

Uso de las plantas en Humedales Construidos

En los últimos años dentro la *Heliconia* spp y *Canna indica* han sido de las plantas que se están utilizando en HC; aquí se presenta algunos de los reportes de estas dos plantas ornamentales.

En un estudio sobre la “Evaluación de la Remoción de Contaminantes del Sistema IFA Con Achira (*Canna Indica*) a través de un Modelo Matemático” en Ecuador, el cual se desarrolló en Islas Flotantes Artificiales (IFA), el ensayo se realizó en tinas de 120 L con pequeñas islas que mantienen la planta flotante y la raíz sumergida, el reporte obtenido indica que el crecimiento radicular de la planta fue de 20 cm y 70 cm aéreo. El porcentaje de remoción de nitratos del 64% - 72%, desde el inicio del desarrollo foliar de los hijuelos, hasta el final de la etapa de la inflorescencia (77 y 126 días posteriores a la adaptación respectivamente) Y entre el 5% - 21% en fosfatos, del inicio hasta finalizar la inflorescencia (91 días del inicio de la etapa de adaptación). Se presentó acidificación del agua (objeto de estudio en los dos ensayos), a medida que el DBO5 presentaba un aumento. Desarrollo un crecimiento adecuado de la raíz, demostrando en correlaciones realizadas, una relación directa positiva entre el crecimiento radicular-aéreo y la remoción nitratos y fosfatos y el DBO5, favoreciendo la remoción, mientras que entre el crecimiento y el pH presentó relación negativa, donde que el desarrollo aumenta la acidificación del agua. Los autores concluyen que el tanto el sistema IFA como la *Canna indica* constituye una alternativa eficiente y de bajo costo que puede ser aplicada en cuerpos de agua contaminados, sobre todo en aquellos que tengan concentraciones altas de nitratos y un pH básico, esto permitirá mejorar su calidad. (Amagua V., & Canchig P. 2020)

Una investigación sobre el “Efecto de la Densidad de Plantas Ornamentales y Medios Minerales / Plásticos en la Eliminación de Residuos Domésticos Contaminantes de Aguas Residuales por Tecnología de Humedales Domésticos” en Actopan, Veracruz, México por medio de HC de flujo subsuperficial horizontal (HSSF) en la cual estudiaron 3 plantas ornamentales a diferentes densidades y dos sustratos; dentro de estas se analizaron la *Alpinia purpurata*, Híbridos de *Canna* y *Hedychium coronarium* en policultivos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en mesocosmos, los resultados muestran que el HC favoreció la eliminación de materia orgánica y compuestos nitrogenados, mientras que el ion fosfato logro disminuir, pero en una menor cantidad durante los 350 días de estudio. Con relación a los Híbridos de *Canna* presentaron mayor floración en comparación con su desarrollo normal en estado natural, a diferencia de la especie *Alpinia purpurata* y *Hedychium coronarium* que no pudo producir flores lo cual es una gran ventaja para su comercialización. En el estudio se demostró que el utilizar el PET como medio de soporte es adecuado para su uso en HC a gran escala, ya que permite el correcto desarrollo de la vegetación y no limita la remoción de contaminantes en comparación otros. En cuanto al crecimiento de la vegetación, se observó que hubo un mejor y mayor crecimiento en plantas con menor densidad de siembra, así como una mayor producción de macollos. Son necesarios estudios sobre HC con mayor área efectiva para obtener una imagen más clara del paisaje y comportamiento de las plantas ornamentales tropicales en relación a su densidad de plantación en estos biosistemas. La densidad de plantas muestra un efecto positivo en la eliminación de contaminantes, especialmente en DQO y amoníaco, sin embargo, en las celdas donde había más plantas con una distancia de siembra menor, el desarrollo de nuevos brotes de plantas fue limitado. (Sandoval-Herazo, L. et al. 2020).

Otro trabajo de “Humedales Construidos en México para el Tratamiento de Aguas Residuales, Producción de Plantas Ornamentales y Reuso del Agua” describe diversos sistemas de HC en su mayoría de tipo Subsuperficial vertical u Horizontal, en el cual se muestra dentro de los resultados diferentes especies de las *Heliconias* y *Cannas*: HC SS-FH en Pinoltepec, Emiliano Zapata, Veracruz, plantado con *Typha*

sp., *Zantedeschia aethiopica*, con eficiencias de NT: 47%, PT: 33%, DQO: 67%; otro HC de SS-FH en Pastorías, Actopan, Veracruz plantado con *Canna hybrid*, *Alpinia purpurata* y *Hedychium coronarium* con eficiencias de F: 35-45%, Cl: 28-34 %; HC SS-FH en México sembrado con *Canna hybrids* y *Strelitzia reginae* sus eficiencias de DQO: 86% NT: 30-33 %, PT: 24-44%; HC SS-FV en Ocotlán, Jalisco sembrado con *Zantedeschia aethiopica* (6 meses), después *Canna indica* (3 meses) sus eficiencias de NT: 22.4%, PT: 5%, DQO: 65%; HC SS-FH en Xalapa, Veracruz, sembrado con *Zantedeschia aethiopica* y *Heliconia Golden Torch*, sus eficiencias de DQO: 70%, P-PO₄: 76%, NO₃: 76%; HC SS-FV en UAM Xochimilco, México. sembrado con *Zantedeschia aethiopica*, sus eficiencias de DQO: 92 %, N-NH₄: 85%, P-PO₄: 80%; HC SS-FH en Xalapa, Veracruz sembrado con *Pontederia sagittata*, sus eficiencias de DQO: 81%, NT: 58%; HC SS-FH en Ocotlán, Jalisco, sembrado con *Strelitzia reginae*, *Zantedeschia aethiopica*, *Canna hybrids*, *Anthurium andreaeanum*, *Hemerocallis dumortieri*, sus eficiencias de DQO: >75%, P:66%, Coliformes:>99%; HC SS-FV en Tapachula, Chiapas, sembrado con *Heliconia psittacorum*, sus eficiencias de DQO: 91%, Coliformes: 93 %. El autor concluye que es muy buena opción la producción masiva de plantas ornamentales para ser utilizadas en los HC con las características de operar estos sistemas para el tratamiento de aguas residuales y generar recursos por la producción de plantas ornamentales, así como darle una reutilización del agua tratada. (Marín-Muñiz, J. L. 2017).

Una revisión de literatura sobre el “Uso de humedales artificiales para el tratamiento de efluentes de ganado porcino”: La revisión se enfocó en los HC para el tratamiento de efluentes porcinos. Se encontró en la eficiencia del proceso de depuración que está ligado a factores como la temperatura, el tiempo de retención hidráulica, los medios filtrantes (sustratos), la vegetación (plantas) y el sistema de flujo del humedal (tipo de humedal). Los HC buenas condiciones reportan eficiencias de remoción entre 71 al 91% de Demanda Química de Oxígeno (DQO), de 21 al 80% para Nitrógeno Total (NT) y 67 al 91% para Fósforo Total (PT). Además, los HC tienen el potencial de remover metales, antibióticos y microorganismos patógenos presentes en efluentes porcinos. En cuanto a la vegetación presenta diferentes

resultados de varios HC y sus eficiencias donde destaca la *Canna indica* entre el *Acorus calamus* y *Ipomoea aquatica* con eficiencias de de 88.07% para DQO, y 75.02% para NH_4^+-N por arriba de las anteriores, otros estudios con compararon el desempeño de un HC con y sin uso de la *Canna hybrids* logrando eficiencias superiores para todos los parámetros evaluados; otro estudio presentado es la comparación entre *Canna hybrids* e *Iris germánica* con resultados similares aunque la *Iris* mejor en DQO, NT y NH_4^+-N pero la *Canna* fue más eficiente en coliformes. La *Canna hybrids* es de las más utilizadas y la *Canna indica* ha presentado buenas eficiencias para utilizarla en tratamiento de aguas porcinas. (Narváez, J. 2020)

CONCLUSIONES

El uso de humedales artificiales han mostrado ser eficientes tecnologías para eliminar los contaminantes del agua residuales de muchos tipos. El uso de plantas ornamentales y en especial la *Heliconia* spp y *Canna indica* debido a sus características de resistencia a las condiciones climatológicas, tolerancia a las altas concentraciones de contaminantes, su eficiencia en la remoción, además de utilizar su floración y mostrado buenas funcionalidades pueden ser empleada como vegetación para HC a nivel domiciliario, comunitario en sector agroindustrial y empresas. Sus flores favorecen los paisajes más estéticos, sus procesos coadyuvan al ambiente permitiendo, fauna y la reutilización de sus aguas para áreas verdes, agrícolas, limpieza y lavado de instalaciones o retornarlas a su medio. Por tanto, los HC con estas especies de planta se recomiendan y se deben promover como alternativas ecológicas y tecnológicas mejorando la calidad del agua y dando respuesta al tratamiento de aguas residuales evitando problemas relacionados a la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amagua Villamarín, P. E., & Canchig Pilicita, J. L. (2020). Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema ifa con achira (*canna indica*) a través de un modelo matemático (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).).
- Berry F., Kress W.J. (1991). *Heliconia. An identification guide*. Smithsonian Institution. Washington. 334 p.
- CABI. (2016). *Invasive Species Compendium* Wallingford, UK. CABI. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/14575>
- Carrera R. (2016). Evaluación de la adaptación y viabilidad de comercialización de plantas ornamentales en humedales construidos en sitios con diferentes condiciones climáticas. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable. El Colegio de Veracruz. Xalapa, Veracruz.
- EPA. (2003). European Commision. Prevención y control de la contaminación integral. Recuperado el 24 de Noviembre 2019, de <http://www.epa.ie/pubs/advice/brefs/tanning.pdf>
- Guillossou, R., Le Roux, J., Mailler, R., Vulliet, E., Morlay, C., Nauleau, F., & Rocher, V. (2019). Organic micropollutants in a large wastewater treatment plant: What are the benefits of an advanced treatment by activated carbon adsorption in comparison to conventional treatment?. *Chemosphere*, 218, 1050-1060
- Gutiérrez-Báez C. 2000. Flora de Veracruz. Fascículo 118. Familia Heliconiaceae. Instituto de Ecología A. C. y University of California-Riverside. 32 p.
- Hernández-Salazar, A. B., Moreno-Seceña, J. C., & Sandoval-Herazo, L. C. (2018). Tratamiento de aguas residuales industriales en México: Una aproximación a su situación actual y retos por atender. *RINDERESU*, 2(1-2), 75-87.
- Jerez E. 2007. El cultivo de las heliconias. *Cultivos Tropicales*. 28: 29-35.
- Kress W.J., Betancur J., Echeverry B. 2004. *Heliconias. Llamadas de la selva colombiana*. Ed. Cristina Uribe. Bogotá. Colombia. 200 p.
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales Construidos en México para el Tratamiento de Aguas Residuales, Producción de Plantas Ornamentales y Reuso del Agua. *Agroproductividad*, 10(5).
- Narváez, J. F. (2020). Uso de humedales artificiales para el tratamiento de efluentes de ganado porcino: Revisión de Literatura.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). *Wastewater Management, A UN-Water Analytical Brief*. Ediciones UN-Water.
- Oulton, R. L., Kohn, T., & Cwiertny, D. M. (2010). Pharmaceuticals and personal care products in effluent matrices: a survey of transformation and removal during wastewater treatment and implications for wastewater management. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(11), 1956-1978.

- Peña, D., & Infante, R. (2012). Evaluación de la eficiencia de remoción de un humedal artificial en función de la granulometría de grava en el medio filtrante. Tesis. Universidad Nacional de Ingeniería. http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3382/1/pena_od.pdf
- Sandoval-Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., López-Méndez, M. C., Martínez-Sibaja, A., Aguilar-Lasserre, A. A., Zamora-Castro, S., & Marín-Muñiz, J. L. (2020). Effects of Ornamental Plant Density and Mineral/Plastic Media on the Removal of Domestic Wastewater Pollutants by Home Wetlands Technology. *Molecules*, 25(22), 5273.
- Sosa-Rodríguez F.M. 2004. Propagación in vitro de *Heliconia standleyi* Macbride. Tesis de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez". Cienfuegos, Cuba. 79 p.
- Vymazal J. (2011). Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: a review. *Hydrobiologia* 674: 133-156.
- Zhang, D., Gersberg, R. M., Ng, W. J., & Tan, S. K. (2014). Removal of pharmaceuticals and personal care products in aquatic plant-based systems: a review. *Environmental Pollution*, 184, 620-639.

MARKETING DIGITAL DEL MIITUG®: MUSEO INTERACTIVO DE INSECTOS Y PLANTAS TERRESTRES

JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ¹, FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS², JACEL ADAME GARCÍA³,
REBECA LIZETH PATIÑO SANTOS⁴

RESUMEN

Según Kotler y Amstrong (2012) la mercadotecnia es una herramienta de gran importancia para las sociedades, ya que, no solamente funciona para las unidades de negocio, pues se puede implementar sin problemas, en aquellas organizaciones que no buscan fines de lucro. Por otro lado, mencionan como la mercadotecnia no solamente se encarga de cuestiones publicitarias, sino que, esta disciplina tiene como finalidad el entender los deseos y necesidades de los clientes, crear experiencias, mantenerse conectados de manera asertiva, conocer las nuevas tendencias, entregar información que sirve para la toma de decisiones. Actualmente, en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván se encuentra ubicado el Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres, un espacio museológico que juega un papel importante de comunicación sobre la ciencia y la tecnología en el que hoy por hoy se observa una preocupación por dar a conocer sus servicios a la sociedad, para poder difundir su información, así como también en la creciente necesidad de construir relaciones sostenibles con clientes. Es por ello, que se ve necesario llevar a cabo la elaboración de un plan de marketing digital, que tiene como finalidad analizar los aspectos internos y externos del museo, con la intención de elaborar estrategias que permita atraer a turistas, educadores, estudiantes, a la comunidad local y a clientes potenciales y que exprese tales estrategias tanto en corto, mediano y largo plazo, estableciendo los canales de información y comunicación a desarrollar para la difusión de los servicios que se ofrecen en el museo y para posteriormente afianzar un mayor reconocimiento a nivel estatal.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

³ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. rebecca.patsantos@gmail.com

Palabras clave: Ciencia, difusión, publicidad, redes sociales

ABSTRACT

According to Kotler and Armstrong (2012), marketing is a tool of great importance for societies, since it not only works for business units, as it can be implemented without problems, in those organizations that do not seek profit. On the other hand, they mention how marketing not only deals with advertising issues, but that this discipline aims to understand the wishes and needs of customers, create experiences, stay connected in an assertive way, learn about new trends, deliver information that serves for decision making. Currently, at the Ursulo Galván Technological Institute is located the Interactive Museum of Terrestrial Insects and Plants, a museum space that plays an important role in communication about science and technology in which today there is a concern to give to know their services to society, to be able to disseminate their information, as well as the growing need to build sustainable relationships with clients. That is why it is necessary to carry out the development of a digital marketing plan, which aims to analyze the internal and external aspects of the museum, with the intention of developing strategies that allow attracting tourists, educators, students, to the local community and potential clients and to express such strategies both in the short, medium and long term, establishing the information and communication channels to be developed for the dissemination of the services offered in the museum and later to consolidate a greater recognition at the level state.

Keywords: Science, dissemination, advertising, social networks

INTRODUCCIÓN

La mercadotecnia no solamente se encarga de cuestiones publicitarias, también esta disciplina tiene como finalidad el entender los deseos y necesidades de los clientes, crear experiencias, mantenerse conectados de manera asertiva, conocer las nuevas tendencias, entregar información que sirve para la toma de decisiones, entre otras cosas.

Se puede decir como empresas con y sin fines de lucro pueden desarrollar sus actividades con base en una visión mercadológica, entre las necesarias a mencionar, los museos. La razón de ser de estas organizaciones sociales, es la transmisión de conocimientos sobre el mundo que nos rodea a través de la exhibición de diversas piezas, obras de arte y especímenes preservados, estas unidades necesitan implementar estrategias y planes de marketing, con la intención de mantenerse unido a su público, al no tener un tráfico de personas mínimo, o un público establecido, estas organizaciones tendrían razón de existir, como cualquier otra organización, el consumo de sus productos o servicios es necesario para su existencia.

Los planes de marketing han brindado las bases para desarrollar estrategias tanto en corto, mediano y largo plazo en las organizaciones; pues el análisis oportuno tanto del entorno interno como externo organizacional ha permitido establecer posibles escenarios, para que, aquellas situaciones que sean consideradas una amenaza en el desarrollo de la organización, pueda ser una oportunidad de crecimiento.

En el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván se encuentra ubicado el Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres, un espacio museológico que juega un papel importante de comunicación sobre la ciencia y la tecnología. Se observa una preocupación por dar a conocer sus servicios a la sociedad y presenta ciertas deficiencias en cuestiones de promoción y publicidad, así como también en la creciente necesidad de construir relaciones sostenibles con clientes.

Es necesario la elaboración de un plan de marketing digital, que tiene como finalidad analizar los aspectos internos y externos del museo, con la intención de elaborar estrategias que permita atraer a turistas, educadores, estudiantes, a la comunidad local y a clientes potenciales y que exprese estrategias en corto, mediano y largo plazo, estableciendo los canales de información y comunicación a desarrollar para la difusión de los servicios que se ofrecen en el museo y para posteriormente afianzar un mayor reconocimiento a nivel estatal.

DESARROLLO

Actualmente el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván cuenta con un Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres (MIIPT), el cual está enfocado en fomentar la ciencia y tecnología en la población infantil y adolescente del estado de Veracruz. Este espacio museológico recién comienza su etapa de crecimiento y es imprescindible que en él se desarrollen estrategias de marketing digital que permitan alcanzar un mayor mercado y mejore su reconocimiento en el estado de Veracruz. Se realizó un análisis y un diagnóstico de la situación actual del MIIPT para poder determinar las estrategias que vayan en dirección del cumplimiento de los objetivos e implementarlas en el museo y se decidió analizar la situación actual, determinar la presencia digital por parte del museo, estableciendo los objetivos para el plan de marketing digital, para elaborar e implementar estrategias de marketing digital adecuándose a la situación actual del museo y a los objetivos establecidos y por último se diseñó un plan de seguimiento para las acciones presentadas el plan de marketing digital.

La problemática principal que se plantea en el museo es que cuenta con un bajo reconocimiento, porque aún no se crean y aplican estrategias de marketing digital. Es necesario generar un plan de marketing digital para poder generar y poner en marcha las estrategias adecuadas que le permitan al museo incrementar su reconocimiento a través de diversas plataformas digitales y también aumentar sus visitas.

En este trabajo se Desarrolló e implemento estrategias a través del marketing digital en el MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres, que permita captar clientes para fomentar visitas y ser reconocido en el estado de Veracruz.

Los museos no tienen fines de lucro, pero si necesitan de un público, sin visitantes irían perdiendo su propósito y no tendrían razón de ser, es por ello por lo que para ir generando una audiencia que sea sostenible deben aprovechar al máximo la era digital, una era que actualmente es uno de los mayores retos a los que enfrentan estas organizaciones, un factor crítico en el que no deben quedarse ajenos a ello ya que si lo pasan por alto estarán contribuyendo al propio fracaso de la organización. Actualmente son los museos quienes van tras la búsqueda de su

público para ofrecerles un patrimonio cultural, natural, de ciencia, arte, etc., permitiéndoles a los visitantes aprender y ampliar su percepción que tienen sobre ciertas cosas. Es ante este motivo que el marketing digital y las tecnologías de comunicación ofrecen esta posibilidad a los museos de atraer y mantener visitantes. Es por esto por lo que se hace necesario elaborar y emplear un plan de marketing digital para el MIIPT teniendo en cuenta que el museo no tiene la debida comunicación promocional para la captación del público y el reconocimiento a nivel estatal. De esta manera, se podrán diseñar estrategias que vayan ligadas a los objetivos del Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres, ya que es importante y necesario que en él se implementen estrategias de marketing digital que permitan difundir y promocionar de manera atractiva el contenido y las múltiples actividades educativas que el museo ofrece al público, mejorando la comunicación con los visitantes pensando siempre en la fidelización de estos, y captando la atención y el interés de nuevos tipos de clientes, además de que ayudará a mejorar el posicionamiento del museo y permitirá incrementar su reconocimiento en el estado de Veracruz. Asimismo, la difusión y promoción del museo a la población local y estatal beneficiará a la institución educativa en la que se encuentra ubicado, debido a que la propagación de los servicios en los medios digitales y el público que frecuente este espacio ayuda a la propia difusión de la Institución.

Los museos son espacios donde conservan, exhiben y difunden el patrimonio científico, histórico, artístico o de cualquier otra índole cultural con fines educativos. De acuerdo con el Consejo Internacional de Museos (ICOM, 2007, Coo se citó e Van Hooff et al., 2012) el museo se define como “una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo” (p. 4).

Según Cazaux (2019) los museos cuentan con ciertos propósitos que permite fomentar su desarrollo, los cuales son:

- ✓ Ser repositorios de cultura de una nación o de una comunidad.
- ✓ Ser lugares con el deber de preservar y compartir el patrimonio público.
- ✓ Ser un lugar de aprendizaje, una institución educativa.

- ✓ Ser un centro de investigación en el que tenga lugar una labor científica, se estudie la conservación de un objeto y se avance en el conocimiento histórico.

El marketing es una actividad esencial para las empresas y se ha definido de diferentes formas, para Kotler y Armstrong (2012) se define de la siguiente manera: “el marketing es un proceso social y administrativo mediante el cual los individuos y las organizaciones obtienen lo que necesitan y desean creando e intercambiando valor con otros” (p. 5). Este permite satisfacer las necesidades de los clientes, llegando a tener una relación más constante y permanente con ellos, ayuda a generar e implementar estrategias de promoción, producto, precio y plaza que puedan incrementar el valor al consumidor, así como también, mejorar el posicionamiento de la marca, dando como resultado un crecimiento de la empresa (Prettel Vidal, 2015, p. 35).

La difusión es una estrategia de la comunicación, en la cual a través de medios comunicativos se puede llegar a una audiencia mayor, propagando información y datos que se quieran de una manera fácil. Esto Implica que una gran cantidad de individuos se hagan del conocimiento de algo que desconocían hasta el momento. La difusión es la actividad que se encargará de establecer una comunicación del museo con los visitantes en la que a través de ella se les transmitirá todo el contenido del museo, desde las colecciones, los modelos gigantes, las exposiciones y las actividades interactivas con las que cuenta, así como también de los fines que tiene el espacio museológico y la transmisión como un sitio con un patrimonio cultural, científico y tecnológico.

Bricio Samaniego, Calle Mejía, y Zambrano Paladines (2017) mencionan que “el marketing digital se ha vuelto una herramienta necesaria y eficaz en las empresas, debido a las nuevas implementaciones y transformaciones tecnológicas” (p. 103). Actualmente es una de las maneras en que las organizaciones y el público pueden estar más cerca, manteniendo una mejor comunicación usando canales digitales, como lo son las redes sociales, los sitios web, blogs, emails, entre otros, favoreciendo la elaboración de estrategias para la satisfacción de clientes nuevos y clientes potenciales. El marketing digital es un conjunto de estrategias que están

dirigidas a comercializar una marca, por medio de canales digitales. Cuya diferencia del marketing tradicional es que al utilizar los medios digitales permiten medir y realizar un análisis de los resultados de las estrategias que se emplean de manera rápida, acertada y en tiempo real. Permite una relación más directa, positiva y duradera con los clientes, dándoles un mejor valor y creando una ventaja competitiva frente a otras instituciones que no utilizan los medios y las herramientas digitales.

El marketing digital brinda la capacidad de hacer crecer a una organización de manera viable. Puedan orientarse particularmente a su público objetivo o abrirse y atraer a un público nuevo ya que las redes sociales ayudan a que las acciones promocionales lleguen directamente a ellos. Forman que tienen los distintos canales digitales de difundir y promocionar los productos y/o servicios para llegar a una gran cantidad de usuarios en poco tiempo es sorprendente.

El marketing digital constantemente está en evolución, cada día hay nuevas novedades por lo que es importante que se esté al tanto de las tendencias que vayan surgiendo en la red, ya que son clave para cualquier tipo de empresa porque permite que puedan adaptar o planear nuevas estrategias para destacar sobre la competencia. Para Mendoza Araujo, Estrada-Código, Díaz Guerrero, Goez Ortega y Granados Rodríguez (2017) las tendencias que han caracterizado la evolución del marketing digital son:

- ✓ Publicidad nativa
- ✓ Marketing de contenidos
- ✓ La personalización
- ✓ La automatización del marketing

En palabras de Sánchez de Puerta (2018) el plan de marketing digital se refiere a “aquel documento escrito que recoge los objetivos, planificación estratégica y acciones de marketing aplicado a los medios interactivos cuyo objetivo es plasmar el desarrollo de las estas acciones para evaluar el alcance de los objetivos” (p. 49). Un plan de marketing es una herramienta en la cual se especifican y se administran todas las estrategias que la empresa debe llevar a cabo para alcanzar el objetivo final que se ha fijado (Shum Xie, 2019), además, la forma en que el documento sea

detallado va a depender del tipo de empresa que sea (Villanueva y Toro, 2017), y debe ir correctamente planteado. Resultan ciertos beneficios para la empresa al realizar un plan de marketing digital, Shum Xie (2019) determina que algunos de ellos son:

- ✓ Ayuda a estar más enfocado
- ✓ Mantiene la motivación, el enfoque y el esfuerzo
- ✓ Fomenta a la creatividad del equipo de trabajo

RESULTADOS

Se realizó un análisis para el MIIPT. Un análisis interno se identificó cuál es la situación digital en la que se encuentra el museo, investigando si cuenta con algún sitio web o blog, si es funcional y se actualiza periódicamente, en qué redes sociales se encuentra presente y si su actualización en ellas es constante, además de analizar las métricas y analíticas. Por otra parte, para el caso del análisis externo se identificó cuál es el mercado en el que se compete, identificando su público objetivo y creando el perfil del cliente, teniendo en cuenta los factores demográficos, geográficos y psicográficos, así como también, se realizó una investigación de la competencia. Por último, se hizo un análisis FODA para identificar cuáles son fortalezas y debilidades a nivel interno y las oportunidades y amenazas a nivel externo, permitiendo conocer las ventajas y oportunidades que se deben explotar.

El resultado del análisis interno, se identificó la situación digital interna en la que se encuentra el museo está muy limitada, por lo que la publicidad digital para la comunicación y difusión de contenidos es casi nula. Carecen del uso e implementación de medios digitales, no cuenta con una página web y no todas las redes sociales están activas, el único medio digital en el que se encuentra presente es Facebook, cuya página fue creada hace un año.

El tipo de contenido que se publica en la página es poco variable, ya que solo se muestran publicaciones de las visitas al museo, fotografías que les comparten, novedades del museo, así como también sus visitas de promoción. Tras observar la página de Facebook se determinó que no se actualiza constantemente y la comunidad en ella no es tan fuerte.

El resultado del análisis externo, la segmentación de mercado permite conocer el público objetivo, específicamente sus factores geográficos, demográficos y psicográficos. Es de gran importancia porque ayuda a establecer e implementar estrategias para dicho público.

El MIIPT ya tiene identificado su público objetivo, por lo que no será necesario realizar un estudio para conocer el perfil del cliente que visita el museo, cabe destacar que el espacio museológico más allá de ser un referente y orientarse a promover la ciencia y tecnología en niñas, niños y jóvenes, también está abierto a un público general que se puede alimentar del conocimiento generado por el museo.

TABLA No. 1 Perfil del cliente del MIIPT

Perfil del cliente del Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres	
Geográfica:	Ubicación: El objetivo principal es el público infantil y adolescente de las zonas rurales del estado de Veracruz.
Demográfica:	Edad y sexo: Está definido por hombres y mujeres de 6 a 24 años. Nivel socioeconómico: El público se encuentra identificado en pobreza moderada. Profesión: Estudiantes de nivel primaria, secundaria, educación media superior y superior.
Psicográfica:	Intereses, características y comportamiento: Niñas, niños y adolescentes interesados en espacios educativos de ciencia y tecnología, además de lugares interactivos que les permita desarrollar y reafirmar mayores conocimientos y/o aprendizajes de manera divertida y entretenida.

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

En el Análisis de la competencia (TABLA No.2), teniendo en cuenta la oferta cultural y/o patrimonial que ofrecen los museos, en los municipios de Actopan, La Antigua, Paso de Ovejas, Puente Nacional y Úrsulo Galván ubicados en el estado de Veracruz, se comprobó que la competencia no es tan numerosa, existen tan solo dos museos, el Museo del Sitio de Cempoala y el Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres (MIIPT). Sin embargo, el Museo del Sitio de Cempoala no es considerado como una competencia directa ya que es un museo que se ubica dentro de la clasificación de museos arquitectónicos mientras que el MIIPT se clasifica como un museo de ciencia, por lo que el Museo del Sitio de Cempoala no está

enfocado en promover la ciencia y tecnología en infantes y adolescentes, sin mencionar que no es un museo interactivo, por tales razones el museo pasar a ser una competencia indirecta.

TABLA No. 2 *Análisis de la competencia*

Variable		Análisis de la Competencia	
Museo	Museo del Sitio de Cempoala.	MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres.	
Ubicación	Se encuentra ubicado en la Zona Arqueológica Cempoala, 91669, Cempoala, Veracruz.	Se encuentra ubicado en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, KM 4.5, Carretera Cardel- Chachalacas, Úrsulo Galván, Veracruz.	
Descripción	Es un lugar que presenta los vestigios de la cultura totonaca como: restos de murallas, figurillas de hombres y animales, estatuas de dioses y diversos utensilios cotidianos.	Es un espacio que a través de la ciencia de insectos y plantas terrestre pretenden fomentar en los infantes y adolescentes las vocaciones científicas y tecnológicas.	
Infraestructura	El estado en que se encuentra la infraestructura del museo es bueno para la acogida de visitantes.	Actualmente la infraestructura del espacio museológico se encuentra en perfectas condiciones para recibir a los visitantes.	
Servicios	- Recorridos guiados - Elementos arqueológicos en exhibición - Sanitarios - Guardarropa	- Recorridos guiados - Colecciones de insectos y plantas en exhibición - Modelos gigantes en exhibición - Actividades interactivas - Videos documentales - Platicas de expertos - Exposiciones	
Medios de Promoción			
Herramientas digitales	Página Web	No cuenta con una Página Web Oficial, solo se promociona y difunde por medio de la Página del Sistema de Información Cultura de México.	No cuenta con una Página Web Oficial
	Facebook	No tiene presencia en esta red social.	No tiene presencia en esta red social.
	Instagram	No tiene presencia en esta red social.	No tiene presencia en esta red social.
	Twitter	No tiene presencia en esta red social.	No tiene presencia en esta red social.

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

TABLA No. 3 Aplicación del método **FODA** en el **MIIPT**

Fortalezas	Oportunidades
1. Actualmente entre las piezas y/o materiales que conserva el museo, existe una variada colección de insectos y plantas. 2. Constituye un aporte educativo a las nuevas generaciones sobre la ciencia de insectos y plantas terrestres. 3. El ingreso al espacio museológico es gratuito para el público. 4. Cuenta con personal altamente capacitado para su atención. 5. Al encontrarse dentro de las Instalaciones del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván cuenta con una buena ubicación.	1. Uso de tecnologías de información y comunicación. 2. Las personas están utilizando el internet como un medio para buscar espacios de entretenimiento y aprendizaje. 3. Cada vez más las personas disponen de al menos un dispositivo digital. 4. Las plataformas digitales son herramientas efectivas para publicitarse y promocionarse. 5. Público potencial no explotado por el museo.
Debilidades	Amenazas
1. Débil posicionamiento de la marca. 2. Dispone de escasas herramientas de publicidad 3. Deficiente inclusión en plataformas digitales. 4. Carencia de estrategias de marketing digital para el sitio. 5. Baja demanda de visitantes de la región al espacio museológico.	1. Desinterés de la sociedad por realizar visitas a sitios educativos, culturales, científicos y tecnológicos. 2. Competencia de espacios o sitios con un mayor atractivo para ser visitados. 3. Posible desaparición debido a la poca afluencia de visitantes de la región. 4. Contingencia causada por la pandemia de COVID-19

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

Análisis de la aplicación del método FODA.

El Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres ubicado dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván (ITUG) es un espacio dinámico que permite que niños y jóvenes se relacionen con la ciencia de insectos y plantas siendo este un aporte a su formación integral además permite que en ellos se promueva el interés por la ciencia y la tecnología. Cabe destacar que el MIIPT es el único museo interactivo en el municipio de Úrsulo Galván y es una forma muy

interesante de acercar a los pubertos y adolescentes a estas especies de la mano de un profesional e incentivarlos a la conservación de la naturaleza.(TABLA No. 3)

Las fortalezas del museo radican en que cuenta con una ubicación estratégica ya que las múltiples visitas por parte de escuelas de educación primaria, secundaria y de nivel medio superior al ITUG permiten que puedan ingresar y conocer el espacio museológico, siendo entonces un sitio de entrada fácil para todos los niños y jóvenes. Además, el sitio posee una diversa variedad de especímenes de plantas e insectos que están perfectamente conservados, manteniendo las partes del cuerpo, la textura y el color intacto, y que año con año la colección va en aumento para su exhibición, uniéndose al proceso de generar y reafirmar conocimientos y experiencias a las visitas. También, cuenta con personal experto, profesionales altamente capacitados y con una inclinación hacia la investigación, la ciencia y al desarrollo y estudio de las especies conservadas en el museo.

El museo por ser nuevo en el mercado no cuenta con posicionamiento de su marca lo que hace necesario que estando ya en su etapa de crecimiento se implementen estrategias para divulgar todas las características que distinguen al espacio museológico, llegando a clientes nuevos y existentes, a través de distintos medios digitales. El MIIPT cuenta con poca presencia en el mundo virtual, lo que hace imprescindible que se establezcan las plataformas digitales adecuadas para la difusión del museo, la promoción y comunicación de sus actividades.

El marketing digital ayudará a que los clientes potenciales se involucren más con el servicio que el museo está brindando y al mismo tiempo se logre que se conecten más con la marca lo que hace que se genere una fidelización con el cliente, por ello se debe aprovechar al máximo mientras la competencia aún no se encuentra tan incursionado en estos medios. Se identifico oportunidades que ayudaran con el cumplimiento de los objetivos si bien se aprovechan, dentro de las cuales se encuentran el hacer uso de las redes sociales que no solo pueden ser aprovechadas para la promoción y comunicación con el público, pueden ser utilizadas como una forma de escuchar a los visitantes del museo y obtener una retroalimentación acerca de las experiencias que vivieron durante su visita y todas aquella quejas y sugerencias que permitan la mejora del museo. Tener una Página Web Oficial

ayudará a estar en contacto con los clientes o usuarios, permitiendo que puedan conocer un poco sobre el museo, los servicios que ofrece y que es lo que pueden encontrar en el espacio museológico. Contar una página será una manera más de publicitarse diariamente y al ser esta sencilla, fresca y nueva permitirá diferenciarse y estar un paso adelante de la competencia.

Las nuevas tecnologías, el internet y las redes sociales se han convertido en una parte indispensable de la sociedad, especialmente entre los niños y jóvenes, los cuales le dedican una gran parte de su tiempo colocándose como algo cotidiano entre ellos; es justamente aquí donde se debe tener contenido útil, actualizado y relevante que se les pueda proporcionar, de manera que se vean atraídos e interesados por adquirir un nuevo aprendizaje que esté basado en la curiosidad y la ciencia permitiendo que puedan optar por visitar el museo.

El MIIPT tiene amenazas que debe afrontar y no debe dejar pasar a la ligera ya que de no ser consideradas pueden llevar al museo a un posible fracaso. Estas posibles amenazas se tratan del desinterés que puede presentar la sociedad por visitar sitios con una índole científica y tecnológica. Los espacios que pueden ser considerados por el consumidor como más atractivos para conocer, visitar o explorar, y por si fuera poco, existe también la posibilidad de que el museo llegue a desaparecer si existe poca afluencia de visitantes, sumándole a esto una de las mayores amenazas que se ha presentado en pleno 2020, la pandemia del COVID-19, una situación que ha tenido muchos efectos negativos tanto en personas como en empresas, impidiendo que se lleven a cabo las operaciones normales de algunas entidades, provocando el cierre definitivo de varias organizaciones e incitando el cierre temporal de otras, como es el caso del Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres. Por ello, unas de las estrategias que se pueden llevar a cabo para confrontar estas situaciones es generar contenido, actividades y/o pláticas por parte de expertos que se realicen mediante el uso de tecnologías y medios digitales, ya que son una opción que permite reducir el contacto físico y que aparte de ser una vía que permita alcanzar y generar mayor interés al público por el museo, es una manera de mantener la seguridad propia y la de los demás.

Propuesta estratégica, acciones e indicadores

Se analizo el mercado y se realizaron las estrategias de marketing digital, las cuales se encuentran en las Tablas No. 4,5,6,y 7 dando importancia a la elaboración de las redes sociales más utilizadas por el público objetivo, así como también a la elaboración de la propia página web del MIIPT. También se presentan los indicadores de gestión que se han determinado para poder medir cada una de las estrategias que se plantearon en los objetivos de la propuesta y así poder llevar un control

TABLA NO. 4 Propuesta 1 del MIIPT

Propuesta 1 del MIIPT	
Visión estratégica	Incrementar el reconocimiento del MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres en el estado de Veracruz a través del uso de herramientas digitales.
Objetivo N° 1	Obtener un mayor posicionamiento del Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres en el estado de Veracruz para finales del último trimestre del año 2020 a través de la implementación de canales digitales, incrementando un 15% el número de seguidores en promedio mensualmente.
Estrategia	Crear y fortalecer los canales de difusión más utilizados por el público objetivo
Acciones	• Crear y diseñar una página de Instagram y Twitter además de seguir manteniendo activa la página de Facebook ya existente para informar de todo lo relacionado con el museo y que permita generar expectativas visuales y de contenido interesante y confiable sobre la expresión de ciencia y tecnología que muestra el museo • Realizar un archivo fotográfico digital para la promoción en las redes sociales • Mantener informado al público objetivo en todo momento acerca de cursos, talleres y eventos del museo. • Realizar el marketing de contenidos en redes sociales, cuyas actualizaciones sean de lunes a sábado y los domingos si la marca lo requiere, cuyas publicaciones sean propias y de fuentes confiables y reconocidas.

	- Llevar a cabo la publicidad pagada en las redes sociales que permita llegar a un mayor número de usuarios. - Establecer hashtag para la marca.
Indicadores para los canales de difusión	Instagram: - Cantidad total de visitas al perfil. - Número de veces que se le dieron click en el sitio. - Cantidad total de impresiones (desde el feed de Instagram, desde el perfil y desde los hashtag). - Aumento en seguidores. - Likes: Total de usuarios a los que les ha gustado la publicación. - Comentarios: cantidad de usuarios que comentaron en el post. Twitter: - Cantidad total de publicaciones se han hecho en el perfil. - Cantidad total de impresiones. - Cantidad total de visitas al perfil. - Cantidad total de menciones. - Cantidad de seguidores nuevos.
Tiempo	Cada 30 días

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

TABLA NO. 5 Propuesta 2 del MIIPT

Propuesta 2 del MIIPT	
Visión estratégica	Incrementar el reconocimiento del MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres en el estado de Veracruz a través del uso de herramientas digitales.
Objetivo N° 2	Fortalecer la proyección educativa, científica y tecnológica del museo mediante la publicación de contenido relevante en los diferentes canales digitales.
Estrategia	Difundir mediante las redes sociales y la página web la influencia educativa, científica y tecnológica que tiene el museo
Acciones	- Crear contenido que muestre el propósito educativo y científico que tiene el museo. - Publicar imágenes de las actividades que realiza el museo que ayuden a fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas. - Diseñar publicaciones que estimulen el conocimiento y promueva la ciencia y tecnología.
Indicadores	Informe de contenidos para su revisión y reformular nuevos contenidos.
Tiempo	Cada semana.

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

TABLA NO. 6 Propuesta 3 del MIIPT

Propuesta 3 del MIIPT	
Visión estratégica	Incrementar el reconocimiento del MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres en el estado de Veracruz a través del uso de herramientas digitales.
Objetivo N° 3	Desarrollar un sitio Web para el museo que brinde información oportuna para el usuario y pueda influir en su decisión por visitar el espacio museológico.
Estrategia 1	Elección sobre cómo crear la página web.
Acciones	Definir si la página web será creada con el uso de una plataforma gratuita o pagada.
Estrategia 2	Desarrollo de la página.
Acciones	- Selección de las pestañas principales. - Incorporación del contenido a la página web. - Analizar que tenga una buena usabilidad y accesibilidad para el cliente interno y externo. - Corroborar que los logos y/o enlaces se encuentren en un sitio visible y den correctamente el acceso.
Indicadores	- Cantidad total de visitas. - Ratio de usuario nuevo o recurrente. - Duración de visita de los usuarios. - Tasa de rebote. - Adquisición a la página web
Tiempo	Cada 30 días

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

TABLA NO. 7 Propuesta 4 del MIIPT

Propuesta 4 del MIIPT	
Visión estratégica	Incrementar el reconocimiento del MIIPT: Museo Interactivo de Insectos y Plantas Terrestres en el estado de Veracruz a través del uso de herramientas digitales.
Objetivo N° 4	Aumentar la comunidad en un 30% de la plataforma en la que el museo se encuentra presente (Facebook) para finales del último trimestre del año 2021.
Estrategia 1	Generar contenido de interés.
Acciones	- Preparación de contenido nuevo para la página de Facebook, los cuales sean más descriptivos e incluyan los hashtags del museo y referente a la publicación. - Generar contenido relacionado con las novedades del sector de la marca. - Crear contenido que esté orientado a conocer la opinión de los seguidores de la página de Facebook para tener mayor interacción con ellos. - Compartir las novedades del museo, como lo pueden ser las colecciones, los cursos, talleres, exposiciones, entre otros.

Indicadores	• Número total de nuevos me gusta de la página. • Número total de nuevos seguidores. • Cantidad total del alcance de las publicaciones. • Cantidad total de las Interacciones de los contenidos. • Número de veces que se le dio click en el sitio.
--------------------	---

Fuente: Rebeca Patiño, 2021

CONCLUSIONES

Al no contar con una competencia directa en el mercado, se promociono y difundió en los medios digitales ya establecidos, actividades, talleres y cursos que se realizaron r tanto de manera presencial como digital para que se motive a los estudiantes de todos los niveles a conocer el MIIPT.

Se dio conocer al público todas las características que distingue al MIIPT para poder mantener en la mente del consumidor el nombre y la imagen del museo.

Se puso en marcha el plan de marketing establecido, debido a que las estrategias que se han propuesto permiten que el museo sea mayormente reconocido y pueda mejorar una mayor demanda al espacio museológico. Se debe seguir generando, actualizando y dando una continuidad a las publicaciones de contenido en cada una de las redes sociales establecidas para el museo.

Con la finalidad de generar un mayor impacto en la sociedad y dar a conocer el MIIPT se recomienda que el museo se siga expandiendo a más medios de comunicación como lo puede ser YouTube, WhatsApp, la publicidad por correo electrónico y la radio.

Se necesita de una página web y es necesario que estas estén visibles en los buscadores, se recomienda que el MIIPT siga mejorando el posicionamiento de su página web para poder atraer a potenciales clientes.

Se diseñaron y se implementaron estrategias de mercadotecnia que estuvieron basadas en información recopilada de fuentes primarias y secundarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bricio Samaniego, K., Calle Mejía, J., y Zambrano Paladines, M. (2018). El marketing digital como herramienta en el desempeño laboral en el entorno ecuatoriano: estudio de caso egresados de la Universidad de Guayaquil. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 103-109. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n4/2218-3620-rus-10-04-103.pdf>
- Kotler, P., y Armstrong, G. (2012). *Marketing*. D.F., México: Pearson Educación
- Mendoza Araujo, A. E., Estrada-Codigo, J. P., Diaz Guerrero, T. P., Goez Ortega, C. P., y Granados Rodriguez, Z. V. (2017). *Plan estratégico de las tendencias del marketing digital para la competitividad de las organizaciones colombianas al año 2020* (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia. Recuperado de 76 <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14525/1140820508.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prettel Vidal. G. (2016). *Marketing, una herramienta para el crecimiento*. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itursulogalvan/70255>.
- Sánchez de Puerta, P. C. (2018). *Fundamentos del plan de marketing en internet*. COMM025PO. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itursulogalvan/124250>.
- Shum Xie, Y. M. (2019). *Marketing digital: navegando en aguas digitales*. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itursulogalvan/127095>.

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL DE CONTROL DE DISPOSITIVOS FINALES EN ANDROID A PARTIR DE LA EXPLORACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS EXISTENTES AFINES

CAROLINA MONTALVO ESPINOZA¹, GERARDO MAURICIO DÍAZ CAB²

RESUMEN

En este proyecto de investigación se presenta el trabajo y la metodología llevada a cabo hasta ahora para el proceso de análisis de las diferentes tarjetas útiles para automatizar y controlar distintos dispositivos finales, que se pueden aplicar al escenario de la domótica, ya que se realiza una investigación para recopilar toda la información relacionada con el tema comenzando desde trabajos e investigaciones realizadas previamente para partir de un antecedente y conocer el enfoque en que se aborda, además de recopilar información sobre el funcionamiento de las tecnologías IdC o IoT encontradas para destacar sus características, funcionalidades, precio y calidad entre otros aspectos que sirven para seleccionar las más adecuadas al propósito del proyecto. Se muestra el avance realizado en la fase de análisis y diseño enfocado a la búsqueda, recopilación y análisis de información, de manera que se pueda empezar a sacar conclusiones de lo investigado, ya que es una parte fundamental del proyecto que da las pautas para su desarrollo adecuado. Entre las ventajas previstas con los resultados del proyecto están: En primer lugar, conocer las diferentes tecnologías que hoy en día son factibles de usar en la domótica y en segundo lugar seleccionar la tecnología viable para utilizar en la programación, control y automatización de dispositivos finales.

Palabras clave. Internet de las cosas, tarjetas, tecnologías, Dispositivo final, Domótica.

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto.
c.montalvo@itscarrillopuerto.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto.
181k0014@itscarrillopuerto.edu.mx

ABSTRACT

This research project presents the work and methodology carried out so far for the process of analysis of the different cards useful to automate and control different end devices, which can be applied to the home automation scenario, since a research to collect all the information related to the subject starting from works and research previously carried out to start from a precedent and to know the approach in which it is approached, in addition to collecting information on the operation of the IoT or IoT technologies found to highlight their characteristics, functionalities, price and quality among other aspects that serve to select the most suitable for the purpose of the project. The progress made in the analysis and design phase focused on the search, compilation and analysis of information is shown, so that you can begin to draw conclusions from the research, since it is a fundamental part of the project that gives the guidelines for its proper development. Among the advantages foreseen with the results of the project are: First, to know the different technologies that today are feasible to use in home automation and secondly, to select the viable technology to use in the programming, control and automation of end devices. .

Keywords Internet of things, cards, technologies, End device, Home automation.

INTRODUCCIÓN

IoT o Internet of Things (Internet de las Cosas) está cambiando la manera en la que nos relacionamos, en esta nueva tecnología ya no solo los seres humanos podemos enviar información. Ahora los objetos o las cosas también tendrán esta capacidad. Es una tecnología del futuro, la realidad es que hoy podemos encontrar aplicaciones del IoT que se están usando en diferentes sectores como el industrial, el doméstico y las ciudades inteligentes.

Las tecnologías de Internet de las Cosas representan un avance enorme en la actualidad ya que satisfacen diversos aspectos del usuario en cuanto a comodidad y seguridad, por lo que evidentemente seguirán evolucionando e incorporando nuevas tecnologías y aparatos que se puedan controlar de manera inalámbrica. En ese aspecto, el presente proyecto se centra en el escenario de la domótica, la cual comprende el control inteligente de los aparatos que hay en un hogar garantizando

la comodidad y seguridad de los que ahí habitan.

En este proyecto se presenta el desarrollo de una solución de IoT para controlar un dispositivo final, para comprender el contexto de este tema actualmente, primero se presentan los antecedentes en los que se muestran algunos de los trabajos de investigación y proyectos realizados a cerca del internet de las cosas. Después de esto se presentan la metodología del proyecto, en la que se describe el proceso y organización de las actividades realizadas para alcanzar los objetivos, da una idea de cómo se logrará el objetivo general. Lo siguiente son los resultados e impactos del proyecto en donde consideramos lo que queremos llegar a hacer con nuestro proyecto y el impacto de este sobre otros proyectos, la comunidad tecnológica y sobre el entorno. Otro punto son las recomendaciones y conclusiones que nos permite obtener información de los puntos de mejora continua y de los aprendizajes en contexto. Información o conceptos fundamentales para la consolidación del proyecto.

Por último, en la metodología se describe el proceso que se llevó a cabo para la conformación del proyecto y los comentarios finales

ANTECEDENTES

El internet de las cosas es uno de los temas más importantes para el avance de la tecnología en la actualidad, por lo que existen diversos proyectos y trabajos de investigación que se enfocan en resolver las necesidades de las personas, a continuación, se presentan algunos de estos.

A nivel internacional se destaca una obra del Banco Interamericano de Desarrollo (2019) la cual lleva por nombre “IOT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe”. En esta obra se abordan las oportunidades y desafíos del IoT a nivel global, presentando datos como:

La Encuesta Global Anual a Ejecutivos del Sector IoT para 2019, de la revista Business Insider Intelligence prevé una rápida expansión de IoT en todo el mundo. Si bien hubo alrededor de 9 mil millones de dispositivos IoT conectados en 2017 y 10 mil millones en 2018, Business Insider proyecta que habrá más de 64 mil millones de dispositivos IoT conectados para el año 2025. (IDB, 2019)

En general aborda estas tecnologías de manera revolucionaria destacando los ámbitos más importantes para el desarrollo de América Latina con la IoT sin descuidar aspectos como la sustentabilidad, la salud, la economía, lo social y la producción. La principal conclusión de esta obra es que: Ayudar a acelerar la industria y el mercado del IoT en ALC constituye una apuesta estratégica para la región, porque el IoT es a la vez un facilitador de la transformación digital de la economía y un motor para la creación de empleo, el crecimiento económico, la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida. (idb, 2019)

A Nivel Nacional se tiene por ejemplo un trabajo realizado en la unam por acevedo g. en 2015, llamado “propuesta de un modelo de referencia basado en internet de las cosas para diseñar soluciones utilizando tecnologías de la información y comunicaciones” es un proyecto que presenta una propuesta basada en el modelo internet de las cosas para la creación de soluciones.

Este proyecto hace énfasis en la importancia de la implementación de nuevas tecnologías no solo en la industria de tecnologías de la información nacional, también en la formación de los licenciados en informática, pues “mientras más acceso tengan éstos a integrar tecnologías, más amplio será su criterio y abanico de herramientas para afrontar los nuevos retos profesionales” (Acevedo G, 2015).

Por último, en Quintana Roo se puede observar un sin fin de áreas de oportunidad para el desarrollo de tecnologías IoT. Ya que es un estado que por el turismo necesita proporcionar a los visitantes mayores servicios y comodidades durante sus estancias. Un proyecto referente a esto se presenta en diversos artículos de sitios periodísticos a nivel estado, por ejemplo, en Telesemana.com la nota se titula “México: AT&T instalará soluciones de IoT en municipios de Quintana Roo” esta habla del interés del estado a través del Instituto para el Desarrollo y Financiamiento del Estado (IDEFIN) y la empresa AT&T México por instalar soluciones de Internet de las cosas en municipios del estado para transformar nuestras turísticas en “ciudades inteligentes”. En este artículo se recalca la importancia que tiene el uso de soluciones IoT para nuestro estado ya que:

El estado es uno de los más importantes en materia turística en el país, ya que alberga sitios como Cancún, Cozumel, Tulum y la Riviera Maya. Solo en 2016 recibió más de 16 millones de turistas y cuenta con más de 90.000 cuartos de hotel. “Esta tecnología permitirá conectar objetos, máquinas o cosas para acelerar negocios y servicios, generar ahorros, mejorar la seguridad y optimizar la movilidad en las ciudades”, agregó la compañía en un comunicado. (Telesemana.com, 2018)

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Para realizar el proyecto se utilizó una metodología basándose en la Ingeniería de Software, ya que lo que se pretende es realizar la selección de las tarjetas factibles para aplicarse en proyectos vinculados, con el propósito de aplicar la investigación a otros proyectos que se están desarrollando actualmente, como por ejemplo: Implementación de TESP en dispositivos finales, Desarrollo de una aplicación móvil para el control de elementos demóticos. Esta metodología apoyo el trabajo por etapas que fue desde el análisis de la información para conformar la base del proyecto, hasta la fase de pruebas y evaluación, todo esto fue posible gracias a la oportunidad de vincular este proyecto con otros proyectos dentro de la institución y vincular con empresas relacionadas, en la aplicación de esta metodología se llevó a cabo una investigación de tipo documental organizar en tres fases o etapas. La primera de esta etapa que permitió recopilar toda la información sobre las tarjetas a comparar y de forma implícita los elementos o dispositivos con los que se relacionan. La segunda fase se realiza un análisis de las características viables de las tarjetas para ser aplicadas según se necesite, además de que se analizan los requisitos mínimos viables para gestionar de una forma segura el proyecto, también se realiza la comparación y selección de las tecnologías disponibles para utilizar en el proyecto. A continuación, se describen las características tomadas en cuenta en la selección de las tecnologías IoT para el proyecto.

Función

Este atributo es muy importante en la selección de herramientas, indica el propósito de la herramienta, es decir ¿para qué sirve? y dependerá del desarrollador decidir si es necesario para su proyecto según la función que aporte.

Precio

Otro aspecto a tomar en cuenta son los precios, ya que se puede encontrar una variedad de los mismos para un producto y es importante encontrar las mejores opciones de proveedores y lo más conveniente es hacerlo en línea.

Conectividad

Este aspecto juega un papel importante cuando se visualiza a una herramienta funcionando en un sistema, ya que describe la manera en la que se comunica con los demás elementos y con qué otras herramientas o dispositivos es conveniente conectarlo.

Documentación disponible

Gracias al internet se ha aumentado la posibilidad de acceso a la información en los diferentes blogs y las diferentes comunidades que se han creado en el mundo en calidad de colaboración al desarrollo de la tecnología. Pero hay que tomar en cuenta la calidad de la información encontrada, y por ello es muy importante que haya un grupo sólido detrás de esa herramienta que seleccionemos. En el caso de las herramientas tecnológicas seleccionadas, son todas compatibles con Arduino por lo que existe información confiable y útil para su correcto manejo.

Integración

Por último, particularmente en las herramientas investigadas, se seleccionaron las que según sus características se pueden integrar en diferentes combinaciones y formar en este caso un sistema de control de dispositivos inteligente como el que se busca en los objetivos del proyecto.

Fichas técnicas

Después del análisis de las tecnologías encontradas en la investigación, se conformaron las fichas técnicas de las herramientas más convenientes para su uso en el proyecto tomando en cuenta sus diferentes características, de las que destacan:

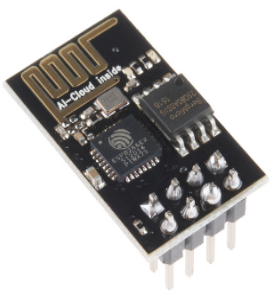
- Nombre
- Microcontrolador
- Voltaje de operación
- Voltaje de entrada (recomendado)

- Voltaje de entrada (límites)
- Pines de E/S digitales
- Pines de entrada analógica
- Comunicación

Se realizaron fichas técnicas para las siguientes tecnologías:

- Arduino UNO
- ESp-32
- ESP-01
- NodeMCU V3
- Módulo relay de 4 canales

Ficha técnica Esp-01

	Microcontrolador	Esp-01
	Procesador	Integrado de 32 bits
	Banda	2400 (MHz)
	Wifi	Direct (P2p), Soft Access Point
	Tensión de alimentación	3.3V
	Protocolos soportados	802.11 b/g/n
	Soporte de red	2,4 GHz
	Potencia de salida	0,15 (W); +19.5dBm en modo 802.11b
	Consumo en modo de baja energía	<10 uA
	modos de funcionamiento	AP, STA, STA + AP
	Comunicación tipo de interfaz	Serial, UART
	Tamaño	24 mm x 14 mm

Realización de pruebas como apoyo a la vinculación con otros proyectos

Era de vital importancia avanzar con las pruebas de funcionamiento para el proyecto, por lo que, se aprovechó la vinculación y el apoyo del financiamiento del TecNM convocatoria 2021 y los insumos para el proyecto hicieron posible el avance con relación a los programado. Las tecnologías adquiridas fueron:

- Arduino UNO
- Esp-32
- Esp-8266
- Modulo Relay de 1 canal
- Modulo Relay de 4 canales
- Hc-05

Se realiza también pruebas para conocer el funcionamiento y la codificación en el IDE de Arduino, se conectó la tarjeta Arduino con el módulo relay y la tarjeta Hc-05 y con ayuda de una aplicación preprogramada que solo necesitaba configurarse, se pudo controlar el encendido de luminarias vía bluetooth y wifi.

Tabla comparativa

A continuación, se muestra la tabla comparativa de las tecnologías IoT encontradas de manera que se clasifican según su función (Tabla 1).

Tabla 1: Comparación de las tecnologías IoT

Arduino					
Nombre	Procesador	Voltaje Operación	Voltaje Entrada	Pines digitales	Precio
Arduino Uno	ATmega328p	5V	7V-12V	14 (6 PWM)	\$190-\$250MXN
Arduino Nano	ATmega328p	5V	7V-12V	14 (6 PWM)	\$100 MXN
Conectividad					
Nombre	Procesador	Voltaje	Pines	Conectividad	Precio
NodeMCU V3	Esp8266	3.3v	9 pines GPIO con I2C y SPI	Wi-fi	\$120 MXN
ESP-32	Procesador dual core Xtensa LX6 de 32 bits	3v-5v	38 pines	Wi-fi/Bluetooth	\$180 MXN
Hc-05	BlueCore4 BC417143B	5v	6	Bluetooth	\$100 MXN
ESP-01	Esp8266	3.3v	8	Wifi	\$75 MXN
Módulos Relay					
Nombre	Capacidad de Cargas	Precio	N°Relays	Voltaje	Observación
Relay Sólido 1 canal	220V	\$70 MXN	1	3.3v-5v	Sin partes móviles y componentes mecánicos.
Relay de 4 canales	10A/250VAC, 10A/30VDC	\$80 MXN	4	5v	Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms
Relay ESP-01	10A/250VAC, 10A/30VDC	\$130 MXN	1	5v	Tamaño: 45 mm x 28 mm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se obtiene un reporte de investigación completo y con información recolectada de manera puntual con el análisis y comparación de tecnologías IoT para control de dispositivos finales de tal forma que cualquier desarrollador interesado en realizar un proyecto de IoT pueda consultar y tomar la mejor decisión al elegir las tecnologías que requiera según su proyecto, Se seleccionaron las tecnologías de Internet de las Cosas que según diferentes criterios son viables para usarse y se plasmaron en fichas técnicas para presentar sus características principales. Después de la selección de las herramientas, con el apoyo de insumos

de otros proyectos vinculados se realizaron pruebas con tarjetas seleccionadas y con dos prototipos de los proyectos vinculados: implementación de T-ESP en dispositivos finales y Acuatertra.

En cuanto a resultados relevantes para el proyecto, destacamos lo importante que fue aprender sobre las tarjetas Arduino que sirven para optimizar el control de infinidad de cosas además de los diferentes tipos de Arduino que existen, también sobre las tarjetas para conexión bluetooth y wifi que son muy importantes ya que es el medio por el cual se conectará a la aplicación para el control de dispositivos (proyecto en desarrollo actualmente).

CONCLUSIÓN

Las tarjetas seleccionadas se han aplicado y vinculado al desarrollo de algunas aplicaciones para control de dispositivos finales. Las aplicaciones están utilizándose en los proyectos vinculados por el TecNM campus Felipe Carrillo Puerto.

En cuanto a la información encontrada sobre tecnologías de internet de las cosas, es preciso recalcar la importancia de los conocimientos adquiridos ya que estas tendencias tecnológicas van avanzando día con día en consecuencia de las necesidades de la sociedad por lo que es importante estar a la vanguardia en cuanto al uso de estas tecnologías y cómo se integran para crear soluciones prácticas a problemas cotidianos que hay en el entorno.

Los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico proporcionan la oportunidad de fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas para que los jóvenes puedan desarrollar soluciones con ciencia y tecnología que apoyen al entorno en su desarrollo consiente y de forma sostenible.

La vinculación es parte fundamental de los proyectos, ya que eso permite apoyar con los desarrollos tecnológicos a las empresas locales a automatizar sus procesos y servicios, de esa forma las personas involucradas maximizaron sus capacidades y habilidades. En lo que respecta a los estudiantes también fomenta un crecimiento integral que les prepara para la vida y su integración al campo laboral de forma responsable y ética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo g. (2015). Propuesta de un modelo de referencia basado en internet de las cosas para diseñar soluciones utilizando tecnologías de la información y comunicaciones. Universidad nacional autónoma de México. México. Obtenido el 03/02/2021 de:

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xx/docs/14.02.pdf>

Cold Fire Electrónica. Tarjeta De Desarrollo NodeMCU V3 - ESP8266. Obtenido el 24/05/2021:

<https://coldfire-electronica.com/esp/item/356/tarjeta-de-desarrollo-nodemcu-v3-esp8266>

HetPro. Bluetooth HC-05. México. Obtenido el 24/05/2021 de:

<https://hetpro-store.com/modulo-bluetooth-hc-05/>

Iberobotics. ESP-01 Módulo WiFi basado en ESP8266 Serial. España. Obtenido el 24/05/2021 de:

<https://www.iberobotics.com/producto/esp-01-modulo-wifi-esp8266/>

Larroca N. (2018). México: AT&T instalará soluciones de IoT en municipios de Quintana Roo. Telesemana.com. México. Obtenido el 03/02/2021 de: <https://www.telesemana.com/blog/2017/12/15/mexico-att-instalara-soluciones-de-iot-en-municipios-de-quintana-roo/>

MCI Electrónica. Arduino UNO. Arduino.cl. Obtenido el 24/05/2021 de: <https://arduino.cl/arduino-uno/>

MCI Electrónica. Arduino NANO. Arduino.cl. Obtenido el 24/05/2021 de: <https://arduino.cl/arduino-nano/>

Micro JPM. ESP-01/01S 5V Relay Module V4.0. Obtenido el: 24/05/2021 de:

<https://www.microjpm.com/products/a52982/>

Naylamp Mecatronics. MÓDULO RELAY 4CH 5VDC. Perú. Obtenido el 24/05/2021 de:

<https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>

Omron Electronics. GUÍA RÁPIDA RELÉS DE ESTADO SÓLIDO SSRs. Obtenido el 24/05/2021 de:

<http://www.reitec.es/Pdf/documentacion6.pdf>

Pérez R., Navajas S. y Terry E. (2019). IOT EN ALC 2019: Tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. EUA. Obtenido el 03/02/2021 de: https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/IoT_en_ALC_2019_Tomando_el_pulso_al_Internet_de_las_Cosas_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es.pdf

INSECTICIDAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN PARA EL CONTROL DE PULGÓN EN CHILE HABANERO EN MACROTÚNEL

FÉLIX DAVID MURILLO CUEVAS¹, JACEL ADAME GARCIA², HÉCTOR CABRERA MIRELES³, JAZMÍN VILLEGAS NARVÁEZ⁴

RESUMEN

El chile habanero es un cultivo de importancia económica en México y en Veracruz, sin embargo, las plagas son un factor limitante para la producción de este cultivo tanto en condiciones de cielo abierto como protegidas, además de que se utilizan insecticidas poco eficientes y que contaminan. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar un plaguicida de última generación y uno biológico en el control de pulgón en el cultivo de variedades de chile habanero en condiciones de macrotúnel. El trabajo se realizó en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, se utilizaron seis variedades de chile habanero producidos en condiciones de macrotúnel. Los tratamientos fueron: el insecticida Movento®, el bioplaguicida Isaria javanica 304 y un testigo sin plaguicidas. El resultado de los plaguicidas en el control del pulgón *M. persicae* en variedades de chile habanero en condiciones protegidas de macrotúnel fue estadísticamente similar en la mayoría de las variedades de chile habanero. Los promedios más bajos de pulgones vivos se registraron en plantas tratadas con el insecticida Movento®. Las plantas tratadas con el bioinsecticida *I. javanica* 304 registraron una reducción de pulgones significativamente diferente a las plantas testigo en muchas de las variedades de chile habanero.

Palabras clave: Hortalizas, *Isaria javanica*, Movento, *M. persicae*

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

² Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CE Cotaxtla. cabo.cabrera50@gmail.com

⁴ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx

ABSTRACT

The habanero pepper is a crop of economic importance in Mexico and Veracruz, however, pests are a limiting factor for the production of this crop both in open and sheltered conditions, in addition to the use of insecticides that are not very efficient and that pollute. Therefore, the objective of the work was to evaluate a last generation pesticide and a biological one in the control of aphids in the cultivation of varieties of habanero pepper in macro-tunnel conditions. The work was carried out at the National Technological Institute of Mexico, Campus Úrsulo Galván, using six varieties of habanero pepper produced under macro-tunnel conditions. The treatments were: the insecticide Movento®, the biopesticide *Isaria javanica* 304 and a control without pesticides. The result of pesticides in the control of the aphid *M. persicae* in varieties of habanero pepper under protected macro-tunnel conditions was statistically similar in most varieties of habanero pepper. The lowest averages of live aphids were recorded in plants treated with the insecticide Movento®. The plants treated with the bioinsecticide *I. javanica* 304 registered a reduction of aphids significantly different from the control plants in many of the varieties of habanero pepper.

Keywords: Vegetables, *Isaria javanica*, Movento, *M. persicae*

INTRODUCCIÓN

El estado de Veracruz tiene gran importancia en la agricultura de México, su clima, suelo, recursos naturales y humanos permiten realizar actividades agrícolas en casi todo su territorio (Bada y Rivas, 2010). En cultivos de hortalizas, el estado produce 21,159.55 t de jitomate, 25,691.52 t de chile verde y 7,206.89 t de pepino; así como 1,829.02 t de calabacitas y 8,144.88 t de tomate verde (SIAP, 2021). En Veracruz la producción de hortalizas se realiza principalmente a cielo abierto. Sólo alrededor del 10% del volumen de producción de pepino se realiza en invernadero (Zamora, 2017) y aproximadamente 0.105 ha en producción de chile y 9.746 ha de jitomate se realizan en condiciones protegidas (SIAP, 2020). Uno de los cultivos que puede producirse bajo condiciones protegidas es el chile habanero, el cual es producido ampliamente en condiciones de cielo abierto en el estado de Veracruz y gran parte

de la producción se realiza en áreas de traspatio para el autoabastecimiento familiar y la venta artesanal de excedentes comerciales (Ruiz-Bello *et al.*, 2016).

El chile habanero se cultiva generalmente en sistemas tradicionales en campo a cielo abierto; sin embargo, con este sistema el cultivo es afectado de forma negativa por diversos factores ambientales, capaces de reducir la calidad del producto, el rendimiento y la rentabilidad del cultivo (Lugo *et al.*, 2010; Berny-Mier *et al.*, 2013). Una estrategia en la producción de chile habanero es la agricultura protegida, la cual reduce el efecto negativo de condiciones externas y aumenta el control en el manejo del cultivo (Juárez *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011). Dentro de la agricultura protegida una alternativa en la producción de hortalizas puede ser los macrotúneles (Velásquez *et al.*, 2014; Murillo *et al.*, 2020a).

Los macrotúneles tienen como ventaja que proporcionan una protección completa del cultivo, evidenciando mayores rendimientos y uniformidad de los frutos, minimizan significativamente el uso de agroquímicos, es adecuado para agricultores de bajos y de altos recursos económicos, es una alternativa de menor inversión para sistemas de producción protegidos y el tiempo de instalación es muy rápido lo que reduce la inversión y mano de obra (Bielinski *et al.*, 2010). Sin embargo, la agricultura protegida utilizando invernaderos y/o macrotúnel, no son barreras impenetrables para las plagas (Fernández *et al.*, 2020). De tal forma que las plagas son factores importantes en la limitación de la producción de chile tanto en condiciones de campo como protegidas (Ruiz *et al.*, 2009; Berny-Mier *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2020).

Por otro lado, a pesar de que hay mayor el control de plagas en la agricultura protegida, en este tipo de producción se siguen utilizando principalmente insecticidas sintéticos para el control de las plagas, los cuales son cada vez menos eficientes y contaminan drásticamente el ambiente y la salud pública (Bernardino-Hernández *et al.*, 2019; Polanco *et al.*, 2019). De tal forma, que la utilización de insecticidas de última generación (Cortez-Mondaca *et al.*, 2018; Díaz-Nájera *et al.*, 2019; Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2020) y/o bioinsecticidas a base de entomopatógenos (Rojas-Gutiérrez *et al.*, 2017; Mweke, *et al.*, 2018; Murillo *et al.*, 2020b) que reducen el daño ambiental y la resistencia a los plaguicidas, son

alternativas para el control de plagas en la producción de chile habanero en condiciones protegidas utilizando macrotúnel. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar un plaguicida de última generación y uno biológico en el control de pulgón en el cultivo de variedades de chile habanero en condiciones de macrotúnel.

METODOLOGÍA

Área de estudio. El trabajo se realizó en el año 2021 en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván en las coordenadas de 19°24'43.12" Norte y 96°21'32.66" Oeste, ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, en la región centro costera de Veracruz. El clima de esta región se clasifica como Aw (tropical húmedo-seco) por el sistema Köppen-Geiger, definido como cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura que oscila entre 24 y 26 °C, y un rango de precipitación entre 1100 y 1300 mm.

Material vegetal. Se utilizaron semillas de seis variedades de chile habanero, las cuales fueron: Calakmul 5, HA-18A, HC-23C, HRA-1-1, Jaguar, Mayapan, inoculadas con *Rhizophagus* proporcionadas por el INIFAP Campo Experimental Cotaxtla. Las semillas fueron germinadas en charolas en el Campo Experimental Cotaxtla, para su posterior trasplante.

Macrotúnel. Se utilizó un macrotúnel de 3 m de ancho por 30 m de largo, forrado con malla antiáfidos (Figura 1). Dentro del macrotúnel se construyeron dos camas con composta mezclada con suelo y acolchado blanco-negro, las camas fueron de 90 cm de ancho y 30 cm de altura, separadas una de otra por un callejón de no menos de 40 cm de ancho, el marco de plantación fue de una planta cada 25 cm, lo cual dio un total de 120 plantas por cama y 240 por macrotúnel. Se utilizó un sistema de riego de cuatro salidas de agua y 30 m de cintilla calibre 6000 para cada cama, conectadas a la línea principal con cuatro válvulas de paso para controlar el riego del cultivo.



Figura 1. Sistema de macrotúnel utilizado para la producción de variedades de chile habanero, ubicado en el Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Garván.

Manejo del cultivo. El manejo del cultivo consistió en la aplicación de ácidos húmicos (10%) a los 15 días después del trasplante (DDT) a través del sistema de riego, a los 20, 50, 90 y 120 DDT se aplicó fertilización química en drench, 20 mL por planta y aplicaciones foliares de micronutrientes. A los 80 DDT se aplicó Boro/Calcio (Cuadro 2). A los 115 DDT se aplicó el abono foliar Bayfolan® (0.2%) para la inducción de floración.

Diseño experimental. A los 35 días después del transplante se realizó la evaluación. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar. Los tratamientos fueron: el insecticida Movento® (spirotetramat) (como producto comercial de última generación), el bioplaguicida *Isaria javanica* 304 (hongo entomopatógeno) (como bioplaguicida a base de hongo entomopatógeno) y un testigo (blanco). Se tomaron cuatro repeticiones de cada tratamiento x seis variedades de chile habanero x dos camas del macrotúnel x tres fechas concernientes a días después de la aplicación (dda) (0, 3 y 6 días). Las variables de respuesta fueron: 1. Abundancia total de adultos y ninfas de pulgones vivos en cada una de las variedades de chile habanero, por tratamiento y días después de la aplicación, y 2. Adultos y ninfas de pulgones muertos y micosados por tratamientos y días después de la aplicación.

Diseño del muestreo. De cada parcela experimental se muestrearon las dos plantas centrales (parcela útil) de las cuales se tomaron dos hojas, una en la parte superior y la otra de la parte media de cada planta. Las hojas se trasladaron al laboratorio donde se registró el número de organismos, por estado de desarrollo (adulto y ninfa), clasificándolos en vivos, muertos y micosados. Para los conteos se utilizó un espacio de muestra de 1.2 cm², el cual se colocó en el envés de la hoja, a lo largo de la nervadura central en la región basal de cada hoja.

Diseño estadístico. Se realizó un análisis de varianza para comparar cada uno de los tratamientos en cada una de las variedades de chile habanero y en los días después de la aplicación, además se realizó una prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat Versión 2020.

RESULTADOS

Se identificó la plaga de pulgón como la especie *Myzus persicae*. La mayor cantidad de pulgones en estado de ninfa y adulto se cuantificó antes de la aplicación de los plaguicidas, posteriormente a la aplicación, la población de la plaga disminuyó progresivamente a los 3 y 6 dda (Cuadro 1). La variedad de chile habanero HRA-1-1 fue la que registró la menor cantidad de pulgones y la variedad HA-18A fue la que registró la mayor cantidad de pulgones (Cuadro 1). El Cuadro 1 muestra que, en cada una de las variedades de chile habanero, las plantas tratadas con el insecticida Movento registraron la menor cantidad de pulgones, tanto en estado adulto como en ninfa, además se muestra que las plantas tratadas con el bioinsecticida *Isaria javanica* 304 registraron menor cantidad de pulgones en relación a las plantas sin plaguicidas (testigos). En las variedades de chile Calakmul 5 y Jaguar, los plaguicidas Movento e *I. javanica* 304 disminuyeron más a la población de pulgones (Cuadro 1). Los efectos del insecticida Movento sobre la plaga se manifestaron en las plantas de manera contrastante en relación a las plantas testigos, las cuales fueron dañadas drásticamente por la plaga que incluso causó la muerte de la mayoría de las plantas testigos (Figura 2).

Cuadro 1. Abundancia total de adultos y ninfas de pulgones vivos en cada una de las variedades de chile habanero, por tratamiento y días después de la aplicación.

Variedades de chile	Tratamientos	Días después de la aplicación					
		0		3		6	
		Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
Calakmul 5	Isaria	86	100	29	27	13	14
	Movento	47	83	2	5	2	4
	Testigo	94	91	160	146	96	120
HA-18A	Isaria	70	73	27	65	10	53
	Movento	89	132	1	5	5	3
	Testigo	115	132	99	136	89	97
HC-23C	Isaria	85	73	20	72	20	56
	Movento	99	118	16	5	14	1
	Testigo	47	103	97	108	49	128
HRA-1-1	Isaria	35	77	12	81	6	26
	Movento	38	73	17	5	7	6
	Testigo	46	109	67	151	93	98
Jaguar	Isaria	79	97	13	8	9	6
	Movento	124	76	3	5	4	5
	Testigo	75	87	125	150	59	118
Mayapan	Isaria	67	108	50	58	36	32
	Movento	114	90	14	3	7	3
	Testigo	49	98	60	107	40	101



Figura 2. Plantas de chile habanero utilizadas en la evaluación de los plaguicidas a los 6 dda. a) tratadas con Movento®, b) *I. javanica* 304 y c) testigo (sin plaguicida).

El análisis de varianza registro diferencias significativas en los tratamientos en cada una de las variedades de chile habanero ($p < 0.05$). A los 3 dda, los plaguicidas fueron significativamente diferentes al testigo con el menor promedio de insectos adultos, excepto en la variedad Mayapan, en la cual el bioinsecticida *I. javanica* 304 no registro diferencias significativas con el testigo, además en la variedad de chile Calakmul 5, el insecticida Movento con el menor promedio de insectos registro diferencias significativas con el bioplaguicida *I. javanica* 304. Para el caso de ninfas solo en las variedades de chiles HC-23C y Mayapan, el tratamiento con *I. javanica* 304 no registro diferencias con el testigo, y sólo en las variedades de chile HA-18A, HC-23C y Jaguar, el Movento fue estadísticamente superior a *I. javanica* 304 (Cuadro 2).

A los 6 dda, para insectos adultos, los plaguicidas fueron significativamente diferentes al testigo, con la menor cantidad de insectos, e iguales entre si en las variedades de chile Calakmul 5, HA-18A, HRA-1-1 y Jaguar (Cuadro 2). En las variedades de chile HC-23C y Mayapan el bioinsecticidas *I. javanica* 304 no logro ser diferente al testigo en relación al promedio de insectos adultos vivos (Cuadro 2). Para el caso de ninfas de pulgón, en todas las variedades de chiles, los plaguicidas registraron los menores promedios de ninfas en comparación al testigo. En las variedades de chiles HA-18A y HC-23C el Movento supero a la *I. javanica* 304 en la reducción de ninfas vivas (Cuadro 2).

En cuanto a pulgones muertos y micosados en estado adulto y ninfas, se registraron diferencias significativas ($p < 0.05$) a los 3 y 6 dda de los plaguicidas. A los 3 dda el insecticida Movento tuvo la mayor cantidad de pulgones muertos tanto en estado adulto como en ninfas, superando al bioinsecticidas *I. javanica* 304; sin embargo, a los 6dda tanto el plaguicida Movento como el *I. javanica* 304 fueron estadísticamente iguales en el promedio de insectos adultos y ninfas muertos (Cuadro 3).

El tratamiento con *I. javanica* 304 fue el que produjo insectos adultos y ninfas de pulgón micosados, al ser este un hongo entomopatógeno a diferencia del insecticida Movento (Cuadro 3).

Cuadro 2. Promedios $\pm$ error estándar de adultos y ninfas de pulgones vivos en cada una de las variedades de chile habanero, por tratamientos y días después de la aplicación, con resultados de prueba de medias de Tukey $\alpha=0.05$.

Variedades de chile	Tratamientos	Días después de la aplicación			
		3		6	
		Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
Calakmul 5	Movento	0.2 $\pm$ 0.5 ^a	0.6 $\pm$ 0.8 ^a	0.2 $\pm$ 0.6 ^a	0.5 $\pm$ 1.1 ^a
	Isaria	3.6 $\pm$ 0.6 ^b	3.4 $\pm$ 0.8 ^a	1.6 $\pm$ 0.7 ^a	1.7 $\pm$ 1.2 ^a
	Testigo	20.0 $\pm$ 0.6 ^c	18.2 $\pm$ 0.7 ^b	12.0 $\pm$ 0.7 ^b	15.0 $\pm$ 1.2 ^b
HA-18A	Movento	0.1 $\pm$ 1.7 ^a	0.6 $\pm$ 1.4 ^a	0.6 $\pm$ 0.7 ^a	0.4 $\pm$ 1.4 ^a
	Isaria	3.4 $\pm$ 1.8 ^a	8.1 $\pm$ 1.3 ^b	1.2 $\pm$ 0.8 ^a	6.6 $\pm$ 1.5 ^b
	Testigo	12.4 $\pm$ 1.7 ^b	17.0 $\pm$ 1.3 ^c	11.1 $\pm$ 0.8 ^b	12.1 $\pm$ 1.5 ^c
HC-23C	Movento	2.0 $\pm$ 1.0 ^a	0.1 $\pm$ 1.7 ^a	1.7 $\pm$ 1.0 ^a	0.6 $\pm$ 1.5 ^a
	Isaria	2.5 $\pm$ 1.0 ^a	9.0 $\pm$ 1.6 ^b	2.5 $\pm$ 1.1 ^{ab}	7.0 $\pm$ 1.5 ^b
	Testigo	12.1 $\pm$ 1.0 ^b	13.5 $\pm$ 1.6 ^b	6.1 $\pm$ 1.1 ^b	16.0 $\pm$ 1.6 ^c
HRA-1-1	Movento	2.1 $\pm$ 1.4 ^a	0.6 $\pm$ 0.6 ^a	0.9 $\pm$ 1.3 ^a	0.7 $\pm$ 1.3 ^a
	Isaria	1.5 $\pm$ 1.4 ^a	10.1 $\pm$ 0.7 ^b	0.7 $\pm$ 1.3 ^a	3.2 $\pm$ 1.4 ^a
	Testigo	8.4 $\pm$ 1.3 ^b	18.9 $\pm$ 0.7 ^c	11.6 $\pm$ 1.4 ^b	12.2 $\pm$ 1.5 ^b
Jaguar	Movento	0.4 $\pm$ 1.4 ^a	0.6 $\pm$ 0.8 ^a	0.5 $\pm$ 1.5 ^a	0.6 $\pm$ 1.8 ^a
	Isaria	1.6 $\pm$ 1.3 ^a	1.0 $\pm$ 0.8 ^b	1.1 $\pm$ 1.7 ^a	0.7 $\pm$ 1.9 ^a
	Testigo	15.6 $\pm$ 1.4 ^b	18.7 $\pm$ 0.9 ^c	7.4 $\pm$ 1.7 ^b	14.7 $\pm$ 1.9 ^b
Mayapan	Movento	1.7 $\pm$ 1.3 ^a	0.3 $\pm$ 2.0 ^a	0.8 $\pm$ 0.7 ^a	0.4 $\pm$ 1.3 ^a
	Isaria	6.2 $\pm$ 1.3 ^{ab}	7.2 $\pm$ 1.9 ^{ab}	4.5 $\pm$ 0.8 ^b	4.0 $\pm$ 1.4 ^a
	Testigo	7.5 $\pm$ 1.4 ^b	13.4 $\pm$ 1.9 ^b	5.0 $\pm$ 0.8 ^b	12.6 $\pm$ 1.4 ^b

Cuadro 3. Promedios $\pm$ error estándar de adultos y ninfas de pulgones muertos y micosados por tratamientos y días después de la aplicación.

Días después de la aplicación	Tratamientos	Muertos		Micosados	
		Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
3 dda	Movento	5.6 $\pm$ 0.4 ^a	9.8 $\pm$ 0.5 ^a	0.0 $\pm$ 0.2 ^a	0.0 $\pm$ 0.3 ^a
	Isaria	2.6 $\pm$ 0.3 ^b	6.1 $\pm$ 0.5 ^b	3.6 $\pm$ 0.2 ^b	5.7 $\pm$ 0.2 ^b
	Testigo	0.0 $\pm$ 0.6 ^c	0.2 $\pm$ 0.4 ^c	0.0 $\pm$ 0.2 ^a	0.0 $\pm$ 0.2 ^a
6 dda	Movento	3.0 $\pm$ 0.3 ^a	7.3 $\pm$ 0.6 ^a	0.2 $\pm$ 0.2 ^a	0.1 $\pm$ 0.4 ^a
	Isaria	2.3 $\pm$ 0.3 ^a	7.2 $\pm$ 0.5 ^a	2.2 $\pm$ 0.1 ^b	7.6 $\pm$ 0.5 ^b
	Testigo	0.0 $\pm$ 0.2 ^b	0.1 $\pm$ 0.6 ^b	0.0 $\pm$ 0.1 ^a	0.0 $\pm$ 0.5 ^a

DISCUSIÓN

Nuestros resultados en relación al insecticida Movento® demuestran una respuesta favorable de este insecticida de última generación en el control de adultos y ninfas de pulgón en diferentes variedades de chile habanero. Nuestros resultados concuerdan con lo reportado por Cortez-Mondaca et al. (2018) sobre una efectividad del 100% del Movento en el control del pulgón amarillo del sorgo en el norte de Sinaloa, así como con lo reportado por Díaz-Nájera et al. (2019) en relación a que con el insecticida Movento se obtuvo una menor incidencia de plaga y una mayor efectividad biológica (89.33%) en relación a un producto a base de aceite parafínico y un producto a base de extracto de neem, evaluados en el control del pulgón *Aphis gossypii* en calabaza. Por otro lado, Kühnhold et al. (2008) señalaron que para el pulgón *Myzus persicae* se puede esperar un bajo efecto inicial y una persistencia prolongada por parte del insecticida Movento, lo cual coincide parcialmente con los resultados de Elizondo y Murguido (2010), donde obtuvieron eficiencias entre el 81 y el 94,9% en *M. persicae* en papa, resultados muy similares en relación a la reducción de insectos vivos por parte del insecticida en las variedades de chiles habanero en nuestro trabajo. También se ha demostrado la eficiencia del insecticida Movento en otras plagas chupadoras como la mosca blanca, por el ejemplo se ha señalado que spirotetramat OD 150 para el control de *B. tabaci* en pimiento mostró una clara respuesta de eficacia de manera consistente (Kühnhold et al., 2008).

Para el caso del bioinsecticidas *I. javanica* 304, se ha reportado en pruebas de laboratorio que aislados de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria* sp. son alternativas eficientes para el control del pulgón *Aphis craccivora* en la leguminosa *Vigna unguiculata* (Mweke et al., 2018). Por otro lado, se ha reportado que *I. javanica* en combinación con aceite de nim es eficiente en el control de mosca blanca en el cultivo de jitomate (Murillo et al., 2020b), nosotros corroboramos la eficiencia de *I. javanica* en el control de adultos y ninfas del pulgón *M. persicae* en el cultivo de chile habanero. Por otro lado, los hongos entomopatógenos como *Beauveria* sp. y *Metarhizium* sp. han comprobado su eficiencia en el control de insectos chupadores como pulgones (Rojas-Gutiérrez et al., 2017) y mosca blanca con resultados similares a un insecticida químico (García et al., 2013) lo que

coincide y corrobora nuestros resultados en relación a que el entomopatógeno *I. javanica* en muchos casos fue igualmente efectivo que el insecticida Movento.

CONCLUSIONES

El resultado de los plaguicidas en el control del pulgón *M. persicae* en variedades de chile habanero en condiciones protegidas de macrotúnel fue estadísticamente similar en muchos casos. Los promedios más bajos de pulgones vivos se registraron en plantas tratadas con el insecticida Movento®. Las plantas tratadas con el bioinsecticida *I. javanica* 304, registro una reducción de pulgones significativamente diferente a las plantas sin tratamiento de plaguicidas en muchas de las variedades de chile habanero. Hubo una mayor reducción de la plaga de pulgones por parte de los plaguicidas a los 6 dda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bada, C.L.M. y Rivas, T.L.A. (2010). Los clusters agroindustriales en el estado de Veracruz. *Investigación Administrativa*, 105(39), 73-100.
- Bernardino-Hernández, H.U., Mariaca-Méndez, R., Nazar-Beutelspacher, A., Álvarez-Solís, J.D., Torres-Dosal, A. y Herrera-Portugal, C. (2019). Conocimientos, conductas y síntomas de intoxicación aguda por plaguicidas entre productores de tres sistemas de producción agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 35(1), 7-23.
- Berny-Mier, y T.J.C., Abdala-Roberts, L., Durán-Yáñez, A., Tut-Pech, F. (2013). Variation in insect pest and virus resistance among habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) in Yucatán, México. *Agrociencia*, 47(5), 471-482.
- Bielinski, M.S., Obregón-Olivas, H.A. y Salamé-Donoso, T.P. (2010). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. En Serie de publicaciones del Departamento de Horticultural Sciences, (pp.1-5). Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Universidad de la Florida (UF/IUFAS). https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_academic_paper_estructuras_para_la_agricultura_prot egida.pdf
- Cortez-Mondaca, E., Valenzuela-Escoboza, F.A., López-Guzmán, J.A., Pérez-Márquez, J. y Moreno Gallegos, T. (2018). Efectividad biológica de aficidas sobre el pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en el norte de Sinaloa. *Revista Bio Ciencias*, 5(3), 1-7.
- Díaz-Nájera, J.F., Ayvar-Serna, S., Mena-Bahena, A., Apáez-Barrios, M., Bello-Tornez, S. y Tejeda-Reyes, M.A. (2019). Uso de insecticidas y productos orgánicos en el control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) en calabaza en trópico seco. *Entomología mexicana*, 6, 183-187.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Elizondo, S.A.I. y Murguido, M.C.A. (2010). Spirotetramat, nuevo insecticida para el control de insectos chupadores en el cultivo de la papa. *Fitosanidad*, 14(4), 229-234.
- Fernández, C.D., VanLaerhoven, L.S, McCreary, C. y Labbé, M.R. (2020). An Overview of the Pepper Weevil (Coleoptera: Curculionidae) as a Pest of Greenhouse Peppers. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), 1–11.
- García, R.E., Pérez, R.P., León, E.B.L. y Pliego M.L. (2013). Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1129-1138.

- Juárez, R.C.R., Alejo, S.G. y Balois, M.R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3(8), 21-27.
- Kühnhold, J., Klueken, A.M., L. de Maeyer, X., van Waetermeulen, Brück, E. y Elbert, A. (2008). Movento, an Innovative Solution for Sucking Insect Pest Control in Agriculture: Field Performance in Fruits and Vegetables. *Bayer CropScience Journal*, 61(2), 279-306.
- Lugo-Sánchez, M.Á., Flores-Canales, R.J., Isiordia-Aquino, N., Lugo-García, G.A. y Reyes-Olivas, Á. (2019). Ácaros fitófagos asociados a jitomate en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1541-1550.
- Moreno, R.A., Aguilar, D.J. y Luévano, G.A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25 (29), 763-774.
- Murillo, C.F.D., Criollo, C.C.D., Adame, G.J., Villegas, N.J., Fernández, V. J.A. (2020a). Sistema de producción biorracional de hortalizas en macrotúnel como alternativa innovadora. En Ramírez, R.A., Bedolla, H.J., Pérez, MORA, J.C., Maldonado, G.J.J., De la llave, M.P. (Coord.), *Innovación en biotecnología I* (pp. 113-121). RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
- Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Fernández-Viveros, J. A., Villegas-Narváez, J., López-Morales, V., Vázquez-Hernández A. y Meneses-Márquez, I. (2020b). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Biotecnia*, 22(1), 39-47.
- Mweke, A., Ulrichs, C., Nana, P., Akutse, K.S., Mokpokpo, F.K.K., Maniania, N.K. and Ekesi, S. (2018). Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* and *Isaria* sp. for the Management of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1587-1594.
- Polanco, R.A.G., Magaña C.T.V., Cetz, I.J. y Quintal, L.R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola*, 46(2), 72-83.
- Rojas-Gutiérrez, R.L., Loza-Murguía, M., VINO-NINA L., Serrano-Canaviri T. (2017). Capacidad biocontroladora de *Beauveria brongniartii* (Sacc.) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) en el control de pulgones *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(1), 48-68.
- Ruiz-Bello, R., Nava-Tablada, M.E., Landeros-Sánchez, C., y Díaz-Padilla, G. (2016). Potencial productivo y limitantes para el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Veracruz, México. *RINDERESU*, 1(1), 01-11.

- Ruiz, S.E., Aguilar, O.O., Cristóbal, A.J., Tún, S.J.M., Latournerie, M.L. y Pérez, G.A. (2009). Comparación de la efectividad de un insecticida botánico y dos químicos convencionales en el control del picudo (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleoptera: Curculionidae) en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Fitosanidad*, 13(2), 117-120.
- SIAP (2021). Inicio Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SEDARPA. Producción mensual agrícola. Avance de Siembras y Cosechas. Recuperado el 18 de agosto de 2021, de https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- SIAP (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de Siembras y Cosechas, Resumen por estado. Recuperado el 07 de noviembre de 2020, de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Zamora, E. (2017). El cultivo de pepino tipo slicer – americano (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, *Folleto Cultivos Protegidos HORT-CP-008*, 1-8 P.

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
PONCIANO ARRIAGA 15, DESPACHO 101.
COLONIA TABACALERA
DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC
C.P. 06030. MÉXICO, D.F. TEL. (55) 55660965
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (978-607-99388)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 2
Presentación en medio electrónico digital: PDF 5 MB
Fecha de aparición 16/11/2021
ISBN 978-607-99563-5-6

Derechos Reservados © Prohibida la reproducción total o parcial de este libro en cualquier forma o medio sin permiso escrito de la editorial.

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

AVANCES Y APLICACIONES

AUTORES

ADAME GARCÍA JACEL, ARENAS DEL ÁNGEL JORGE LUIS, ARENAS DEL ÁNGEL MARÍA DEL CARMEN, BALTAZAR CASAS FERNANDO, BALTAZAR CASAS RUBÉN, BEDOLLA HERNÁNDEZ JORGE, BEDOLLA HERNÁNDEZ MARCOS, CABRERA MIRELES HÉCTOR, Cerdán Valdés Pamela Lizatte, Cortés Rodríguez Luis Gabriel, Del Ángel Ramos Jorge Arturo, Díaz Cab Gerardo Mauricio, Fernández Viveros José Antonio, Flores Lara Vicente, Garcés Báez Alfonso, Hernández Callejo Luis, Jamed Boza Luis Omar, López Meraz Raúl Alberto, López Vázquez Mario, Marín Hernández Juan José, Montalvo Espinoza Carolina, Mora Colorado Eva, Mora Negrete Patricia Guadalupe, Moreno Fernández María del Rosario, Murillo Cuevas Félix David, Murillo Ramírez Angélica, Patiño Santos Rebeca Lizeth, Recoba López María Guadalupe, Ríos Martínez Fernando, Rivera Meza Adriana Elena, Rodríguez Ramos Lina, Rojas Cessa Aldo, Ruiz Santos Karla Yasmín, Sandoval Herazo Luis Carlos, Vázquez Hernández Andrés, Velázquez Pérez Alberto, Ventura Sánchez Angelita, Villegas Narváez Jazmín



ISBN: 978-607-99563-5-6

